

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



**Diseño e implementación de un sistema de lechos filtrantes de
agua para la crianza de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en la
provincia de Chachapoyas - Región Amazonas, 2019**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Elena Noemí Añazco Cruz

Asesor:

Mg. Carmelino Almestar Villegas

Tarapoto, diciembre de 2020

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS

Carmelino Almestar Villegas, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: ***“Diseño e implementación de un sistema de lechos filtrantes de agua para la crianza de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en la provincia de Chachapoyas - Región Amazonas, 2019”*** constituye la memoria que presenta la **Bachiller Elena Noemí Añazco Cruz**, para aspirar al título de Profesional de Ingeniero Ambiental ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en *Morales*, al 22 de octubre del año 2020



Carmelino Almestar Villegas

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En el Campus Universitario Milton Afonso, Distrito de Morales, Tarapoto, San Martín a 22 días del mes de diciembre, del año 2020, siendo las 10:00h, se reunieron en el Salón de Grados y Títulos de la Universidad Peruana Unión, Filial Tarapoto, bajo la dirección del Señor Mtro. Darwin Shirley Romero Vela Presidente del Jurado: y los demás miembros siguientes: Ing. Jessica Quipa Perez Secretario,

Ing. Juana Elizabeth Vazquez Vazquez vocales; y Mtro. Carmelino Almaraz Villagas asesor;

con el propósito de llevar a cabo el acto público de la sustentación de tesis titulada: Diseño de implementación de un sistema de lechos filtrantes de agua para la crianza de trucha (Oncorhynchus mykiss) en la provincia de Chachapoyas - Región Amazonas, 2019.

Presentada por el/los Bachiller/es:

Elena Noemí Anasco Cruz

conducente a la obtención del Título Profesional de:

Ingeniero Ambiental

El señor Presidente inició el acto académico, invitando al/los candidato/s hacer uso del tiempo requerido para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente del Jurado invitó a los miembros del mismo a realizar las preguntas y cuestionamientos correspondientes, los cuales fueron absueltos por el (los) candidato (s). En seguida, el Jurado procedió a las deliberaciones respectivas, luego se registró en el acta el dictamen siguiente:

Bachiller: Elena Noemí Anasco Cruz

aprobada por unanimidad con el mérito académico adicional de excelencia (19) y

Bachiller:

por

con el mérito académico adicional de

El Presidente del Jurado solicitó al/los candidato/s ponerse de pie. Luego el Secretario realizó la lectura del acta con el resultado final del acto académico, procediéndose inmediatamente a registrar las firmas respectivas.

Presidente

Secretario

Asesor

Vocal

Vocal

Vocal

Candidato

Candidato

Esta sustentación fue realizada de manera virtual online
sincrónica, conforme al Reglamento de Grados y Títulos.

Dedicatoria

A mis queridos padres: David Añazco Bardales y Elisabeth Cruz Marín, por su esfuerzo y sacrificio y por haber confiado en mi capacidad brindándome su apoyo incondicional.

A mis hermanos Lucy Zoneth, Josué Carlos Y Damaris Pascualita, quienes siempre fueron mi inspiración a seguir adelante, dejándoles buen ejemplo como hermana mayor.

A mi amado esposo Limber Becerra Fonseca por ser mi mayor fuente de motivación y ganas de mejorar para seguir creciendo profesionalmente, quien cada día me alentó con sus palabras de amor y comprensión.

Agradecimiento

A Dios por darme la vida, la oportunidad y la fortaleza de haber llegado hasta este momento con las ganas de seguir triunfando.

A mi casa de estudio la “UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN” por haberme formado con conocimientos intelectuales y fortalecido mis principios y valores cristianos.

A mis familiares y amigos que me motivaron y apoyaron en todo momento para lograr este gran paso.

A mi asesor Mg. Carmelino Almestar Villegas por sus valiosos consejos, dedicación y tiempo brindado para hacer posible este logro en mi carrera profesional.

Índice

Dedicatoria	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de tablas.....	x
Índice de figuras	xi
Índice de anexos.....	xii
Resumen	xiii
Capítulo 1	15
Introducción	15
1.1 Problema de investigación.....	15
1.2 Objetivos	17
1.2.1 Objetivo general	17
1.2.2 Objetivos específicos.....	17
1.3 Justificación	17
1.4 Presuposición filosófica	18
Capítulo 2	19
Revisión de Literatura	19
2.1 Fundamentos del objeto de estudio	19
2.1.1 Proceso de filtración	19
2.1.2 Filtración lenta y rápida.....	20
2.1.3 Lechos filtrantes	23
2.1.4 Requerimientos para la instalación y ubicación de los filtros lentos de arena	24
2.1.5 Dimensionamiento de filtros.....	25
2.1.6 Acuicultura en aguas continentales.....	28
2.1.7 Cultivo de truchas arco iris.....	29
2.2 Marco legal	34
2.3 Antecedentes de la investigación.....	35

2.3.1 Antecedentes internacionales	35
2.3.2 Antecedentes nacionales	36
2.3.3 Antecedentes locales	38
Capítulo 3	39
Materiales y métodos	39
3.1 Ubicación del área de estudio	39
3.2 Población y muestra	41
3.3 Diseño y tipo de investigación	41
3.4 Hipótesis y variables	41
3.4.1 Hipótesis alterna	41
3.4.2 Hipótesis nula	41
3.5 Diseño de la investigación	41
3.6 Operacionalización de variables	41
3.7 Diseño e implementación de los filtros	43
3.7.1 Diagrama de flujo de la construcción de los filtros	43
3.7.2 Procedimiento de análisis físico químico de agua	45
3.7.3 Delimitación espacial	46
3.7.4 Delimitación temporal	46
3.7.5 Interpretación de los resultados	46
Capítulo 4	47
Resultados y discusión	47
4.1 Calidad de agua de la quebrada Ponasapa	47
4.2 Diseño de las unidades del sistema de filtración	47
4.3 Calidad del agua filtrada y eficiencia de la filtración	50
4.3.1 Calidad del agua filtrada	50
4.3.2 Eficiencia de remoción de los parámetros	51
4.4 Discusión	52

Capítulo 5	54
Conclusiones y recomendaciones.....	54
5.1 Conclusiones	54
5.2 Recomendaciones	54
Referencias	55
Anexos	60

Índice de tablas

Tabla 1. Dimensiones de los diámetros para el diseño de filtros	26
Tabla 2. Variables del proceso que afectan las eficiencias de la filtración lenta	27
Tabla 3. Clasificación taxonómica de <i>Oncorhynchus mykiss</i> “trucha arco iris”	29
Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos del agua para la crianza de trucha arco iris.....	31
Tabla 5. Operacionalización de variables.....	42
Tabla 6. Características del agua de la quebrada Ponasapa	47
Tabla 7. Características medio filtrante del filtro de arena.....	50
Tabla 8. Características medio filtrante del filtro de arena + carbón activado.....	50
Tabla 9. Calidad del agua filtrada	51
Tabla 10. Eficiencia de remoción de los parámetros fisicoquímicos.....	52

Índice de figuras

Figura 1: Componentes de un filtro lento de arena	21
Figura 2: Unidad de filtración lenta con las diferentes capas de arena.....	22
Figura 3: Principios de las buenas prácticas de la acuicultura	28
Figura 4: Ilustración de la Trucha Arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	30
Figura 5: Ciclo de reproducción de la trucha Arcoíris.	33
Figura 6: Enfermedades más comunes en la Trucha Arcoíris	34
Figura 7: Ubicación del área de estudio.....	40
Figura 8: Diseño de la construcción de los filtros	43
Figura 9: Diagrama del filtro.....	44
Figura 10: Volumen del agua filtrada	49

Índice de anexos

Anexo 1. Informe del laboratorio sobre la calidad del agua antes y después del tratamiento.....	60
Anexo 2. Distribución de caudales para los sistemas de filtración.....	63
Anexo 3. Dimensionamiento del filtro de arena	64
Anexo 4. Dimensionamiento del filtro de arena + carbón activado	65
Anexo 5. Panel fotográfico del estudio.....	65

Resumen

El objetivo de la presente investigación fue Diseñar, implementar y evaluar la eficiencia de un sistema de lechos filtrantes de agua para la crianza de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en la provincia de Chachapoyas, 2019. En primer lugar, se determinó los parámetros físico- químicos del agua de la quebrada Ponasapa. Luego se procedió al diseño y construcción de los filtros. En uno de ellos se utilizó como medio filtrante arena y en el otro se utilizó arena + carbón activado. La investigación tuvo un diseño experimental de tipo pre- experimento. Se determinó la calidad del agua de la quebrada Ponasapa, en la cual se obtuvo pH neutro, la temperatura por debajo de 21°C, que es ideal para el desarrollo de la trucha, el oxígeno disuelto, ligeramente por debajo del ECA, nitrógeno amoniacal en baja concentración, aunque dentro del rango del estándar. Los demás parámetros tuvieron un valor menor a la Categoría 2 del ECA del D.S. 004-2017-MINAM. Se diseñaron los filtros con las siguientes dimensiones: Largo 0.5 m, ancho 0.5 m, y altura 1.0 m; el caudal de tratamiento fue 6.83 m³ /día, con un tiempo de retención hidráulico de 41 s. Por otro lado, el lecho filtrante del filtro de arena estuvo constituido por capas de los siguientes materiales: Piedra media zonga, piedra triturada, grava, arena fina y piedra, con espesores de 12 cm para cada material, excepto para la arena fina que fue 24 cm. Mientras que, el lecho filtrante del filtro de arena + carbón solo se agregó carbón activado con las mismas dimensiones de capas. Se obtuvo mayores eficiencias de remoción en los parámetros con el filtro de Arena + Carbón Activado.

Palabras clave: Filtro, Trucha arco iris, Carbón activado, arena.

Abstract

The objective of this research was to Design, implement and evaluate the efficiency of a water filter bed system for trout (*Oncorhynchus mykiss*) farming in the province of Chachapoyas 2019. To do this, the Physicochemical parameters of the water in the Ponasapa stream. Then the filters were designed and built. In one of them sand was used as a filter medium and in the other sand + activated carbon was used. Subsequently, the physical-chemical analysis of the filtered water was carried out and compared with the RCTs of the D.S. 004-2017-MINAM. The research had a pre-experiment type experimental xi design. The quality of the water in the Ponasapa stream was determined, in which neutral pH was obtained, the temperature below 21oC, which is ideal for the development of trout, dissolved oxygen, slightly below the ECA, low ammonia nitrogen concentration, although within the range of the standard. The other parameters had a lower value than Category 2 of the RCT of the S.D. 004-2017-MINAM. The filters were designed with the following dimensions: Length 0.5 m, width 0.5 m, and height 1.0 m; the treatment flow was 6.83 m³ / day, with a hydraulic retention time of 41 s. On the other hand, the filtering bed of the sand filter was made up of layers of the following materials: Middle zonga stone, crushed stone, gravel, fine sand and stone, with thicknesses of 12 cm for each material, except for the fine sand that was 24 cm. While, the filter bed of the sand + activated carbon filter was made up of layers of the following materials: Half-zone stone, crushed stone, gravel, activated carbon, fine sand and stone, with thicknesses of 12 cm for each filter material. Likewise, higher removal efficiencies were obtained for the parameters with the Sand + Activated Carbon.

Keywords: Filter, Rainbow trout, Activated carbon, sand

Capítulo 1

Introducción

1.1 Problema de investigación

La trucha “Arco iris” (*Oncorhynchus mykiss*) es una especie íctica que pertenece a la familia Salmonidae, tiene sus orígenes en las costas del Pacífico de América del Norte, sin embargo, a su fácil adaptación al cautiverio, la crianza de esta especie ha sido considerablemente difundida por casi todo el mundo. Por otro lado, hablamos de aquellos países que se encuentra situada en América del Sur, las cuales las encontraremos distribuidas en Brasil, Argentina, Chile, Bolivia, Colombia, Ecuador, Venezuela y Perú. La trucha arco iris es la especie de agua fría más cultivada e importante en el Perú, según historiadores el año 1928, hubo una compañía minera con propósitos netamente de pesca deportiva en Cerro de Pasco, quienes introdujeron la trucha en distintas entidades hídricas de todo el territorio nacional la cual se llegó fácilmente a adaptarse a las condiciones físico químicas de lagos, lagunas y ríos alto andinos, a partir de los 2000 m.s.n.m. en la cordillera peruana, actualmente es considerada como una especie más de nuestro país, gracias a la fácil adaptación en los medios acuáticos del Perú (Ragash, 2009).

El medio acuático para la crianza de truchas debe tener ciertos parámetros físicos y químicos: Se considera que la concentración de oxígeno del agua está ligado a la temperatura del agua y del entorno; por lo tanto, existe una relación contrapuesta entre ambos componentes, la temperatura que requiere la trucha para mantenerse viva y reproduciendo es de 7°C a 20°C; sin embargo, lo más recomendable es que durante la época de reproducción la temperatura del agua sea de 7°C a 11°C y para el crecimiento y desarrollo de 10°C a 17°C (CARE Perú, 2006; Paredes, 2003; Romero, 2011).

La temperatura del agua condiciona la nutrición porque afecta la densidad, viscosidad, solubilidad del alimento y en particular el oxígeno del agua, además de las reacciones químicas y bioquímicas. Es por ello que el agua debe ser de muy buena calidad, cristalino, con abundante oxígeno disuelto, que varía en el rango de 7 a 15 ml/l siendo en promedio 9 ml/l dependiendo de la tasa ingreso y la temperatura del agua. Este contenido de oxígeno es posible que contenga el agua que se renueva constantemente y su temperatura es inferior a los 20°C (CARE Perú, 2006; Paredes, 2003; Romero, 2011).

Para la crianza de truchas arco iris el pH del agua debe ser ligeramente alcalino con rangos de 6,5 como mínimo hasta 8,5 como máximo; pudiendo considerarse como óptimo de 7 a 8. Es importante que el pH sea asociado a los valores de temperatura,

oxigenación y contenido de minerales totales. Es por ello que las aguas para crianza de trucha arco iris deben de contener a 60 a 120 mg/l de calcio por ser óptimas para la productividad de peces, contenidos de calcio por encima de 160 mg/l de agua son consideradas muy duras y no permiten una adecuada vida acuática. Además, se debe considerar que el agua debe ser transparente (Romero, 2011).

Existen zonas en la sierra del Perú que tienen abundante cantidad de agua con la temperatura adecuada para la crianza de truchas arco iris. Sin embargo, por las constantes lluvias las quebradas tienen pequeños afluentes que lava el suelo arrastrando tierra que enturbia el agua de la quebrada impidiendo su transparencia. También es posible que exista contaminación insecticidas o pesticidas que utilizan en las chacras y son arrastrados por las lluvias. Por tanto, es necesario determinar alternativas que permitan controlar las deficiencias y adecuar el agua a los parámetros de calidad para la crianza de truchas arco iris.

Existen diferentes alternativas procedimentales para el tratamiento de agua turbia, con microorganismos y materia orgánica. La tecnología más utilizada es la filtración en múltiples etapas, estando compuesta por filtración gruesa en piedras y grava de río como pretratamiento y arena como tratamiento principal para la filtración lenta. Por lo cual estos proyectos son de bajo costo, siendo eficiente sencilla y muy fácil de operar (Elizalde, 2015).

El filtro descendente suele remover características físico químicas del agua como coloración, turbiedad y algunos microorganismos como coliformes mientras que los filtros ascendentes tienen una eficiencia promedio de 54%, y los filtros descendentes un 18%, por ello se considera que el filtro ascendente es más eficiente que el descendente, así el filtro ascendente no tiene la misma eficacia (Pico et al., 2012).

Los medios filtrantes con mayor utilidad, los filtros de agua son la arena y el carbón activo granular puesto que estos materiales además de inmovilizar las partículas sólidas del agua, también absorben las sustancias orgánicas, neutralizando los olores y sabores en el agua filtrada (Córdova, 2012).

La retención del 95% de las partículas se obtiene con los primeros 10-15 cm del medio filtrante, la capa de arena sílice será de 30 cm de alto, por lo cual brinda un factor de seguridad, y lo que resta son 20 cm para la grava, se debe tener cuidado que junto con el agua no pasen partículas de arena. El carbón activado funciona de manera similar al lecho de arena; sin embargo el carbón absorbe los excesos de cloro, sabores, olores y demás químicos orgánicos (Torres, 2011).

En la presente investigación se busca responder la siguiente interrogante: ¿El tratamiento del agua de la quebrada Ponasapa, mediante lechos filtrantes es adecuada para la

crianza de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en la provincia de Chachapoyas, Región Amazonas 2019?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Analizar la eficiencia de un sistema de lechos filtrantes de agua para la crianza de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en la provincia de Chachapoyas -Región Amazonas, 2019.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar la calidad de agua de la quebrada Ponasapa según sus características fisicoquímicas.
- Diseñar e implementar un sistema de lechos filtrantes para el tratamiento de agua que permita brindar las condiciones adecuadas para la crianza de truchas arco iris.
- Comparar la calidad de agua de la quebrada Ponasapa, según sus características fisicoquímicas, antes y después de haber empleado un sistema de lechos filtrantes.

1.3 Justificación

La riqueza del Perú genera grandes oportunidades de desarrollo por su diversidad geográfica y demográfica. Sin embargo, para que el aprovechamiento de los recursos sea eficiente es necesario la intervención de la tecnología. Es así que, el diseño e implementación de un filtro para la filtración de las aguas turbias de la quebrada Ponasapa ubicado en la comunidad campesina de Canaán del distrito de Chuquibamba, provincia de Chachapoyas Región Amazonas, permitirá que sus pobladores se dediquen a la crianza de truchas arco iris. Esta tecnología podrá ser utilizada en otros lugares para mejorar la calidad del agua.

La ejecución del proyecto beneficiará a la comunidad campesina de Canaán del distrito de Chuquibamba, provincia de Chachapoyas Región Amazonas; mediante la asociación AGROECAAN quienes tienen el proyecto de criar truchas arco iris en sus criaderos artesanales dentro de sus parcelas. Para lograrlo necesitan disponer de agua con características aptas para la crianza de trucha Arco iris. Por tanto, el diseño e implementación de un filtro es de vital importancia.

Los resultados del desarrollo del proyecto enriquecerán el conocimiento científico y servirán de base teórica para la realización de otros proyectos de investigación similares. Este proyecto de investigación es viable porque existe bibliografía científica que se utilizará como base para la ejecución del proyecto, varios investigadores desarrollaron filtros con diferentes tipos de lechos para obtener agua filtrada para consumo humano, entre ellos tenemos a Avila y Moreno (2016); Gualteros y Chacon, (2015) y Rivas y García (2017); investigaciones realizadas en el Perú por investigadores como Rossi (2017); Silupú et al. (2017) y Soriano (2014) . Además, la Facultad de Ingeniería y

Arquitectura de la Universidad Peruana Unión tiene profesionales especialistas en el área que brindarán asesoramiento a la investigadora, la misma que cuenta con los recursos económicos suficientes para la ejecución del proyecto de investigación.

El tratamiento del agua de la quebrada Ponasapa, utilizando lechos filtrantes de arena y carbón activado, permitirá acondicionar el agua para el desarrollo de la Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), y de esta manera garantizar la seguridad alimentaria de la población del CCPP Canaán, perteneciente al distrito de Chuquibamba, región Amazonas; a través de la obtención de productos hidrobiológicos saludables y con alto contenido nutricional.

1.4 Presuposición filosófica

En Génesis 1:28, la Biblia afirma “Y los bendijo Dios, y les dijo: Fructificad y multiplicaos; llenad la tierra, y sojuzgadla, y señoread en los peces del mar, en las aves de los cielos, y en todas las bestias que se mueven sobre la tierra” (RVR1960). Por ello, es una responsabilidad del ser humano, cuidar y proteger los recursos que el Señor nos ha entregado; estos recursos incluyen al agua, a los recursos hidrobiológicos y toda la creación en general.

Capítulo 2

Revisión de Literatura

2.1 Fundamentos del objeto de estudio

2.1.1 Proceso de filtración

Las aplicaciones de los procesos de filtración tienen diversidad de usos, siendo los más utilizados en favor de la actividad humana, sea en la vida doméstica o para la industria en general. Los filtros lentos de arena requieren una muy baja aplicación o nivel de filtración de 0,015 a 0,15 galones por minuto para cada pie cuadrado de área de la cama de filtro, dependiendo de la graduación del medio de filtro y de la calidad del agua que será tratada (Gualteros & Chacon, 2015).

Los procesos desarrollados en un filtro lento son complementarios entre sí, actúan en forma simultánea para mejorar las características físicas de olor, color, transparencia, químicas: Incrementando el pH, disminuyendo la dureza, etc. y bacteriológicas disminuyendo la carga bacteriana del agua tratada. El funcionamiento de todo filtro se inicia con el ingreso del agua cruda a la estructura del filtro permaneciendo de tres a doce horas, dependiendo de las velocidades de filtración adoptadas. En ese tiempo, las partículas más pesadas que se encuentran en suspensión se sedimentan y las partículas más ligeras se pueden aglutinar, lo que facilita su remoción posterior (Garzon, 2001).

Los filtros que tienen contacto con la luz solar permitiendo el crecimiento de algas que absorben el bióxido de carbono, nitratos, fosfatos y otros nutrientes presentes en el a ser filtrada para formar material celular y oxígeno, este oxígeno se disuelve en el agua, reaccionando químicamente con las impurezas orgánicas y haciendo que éstas sean más asimilables por los microorganismos (Huisman, 1974).

La filtración es el proceso que consiste en hacer pasar al agua a través de un material para eliminar partículas y otras impurezas, incluyendo flóculos, presentes en el agua ser tratada. Estas impurezas se componen de partículas suspendidas (limos finos y arcillas), la materia biológica (bacterias, plancton, esporas, quistes u otras materias) y flóculos. El material utilizado en filtros para suministro público de agua es normalmente un lecho de arena, carbón, u otra sustancia granular. Los procesos de filtración se clasifican en filtración lenta o rápida (EPA, 1995).

La filtración consiste en la remoción de partículas suspendidas y coloidales y microorganismos presentes en el agua que fluye a través de un medio poroso. Esta unidad de tratamiento corresponde al proceso final de remoción de impurezas realizado

en una planta de tratamiento de agua potable, siendo, por tanto, el principal responsable por la producción de agua de calidad acorde con los estándares de potabilidad (Lima, 2006).

La filtración es un proceso de separación sólido-líquido, donde se desarrollan fenómenos físicos, químicos y algunas veces biológicos, teniendo como finalidad la remoción de las impurezas del agua al atravesar el medio filtrante. Existen dos mecanismos de filtración: por transporte y por adherencia (Richter & Azevedo, citado por Lima, 2006).

La filtración consiste en una acción mecánica de tamizar, removiendo partículas suspendidas y coloidales y microorganismos presentes en el agua que fluye a través de un medio poroso (Pereira, 2007).

La filtración es un proceso físico en que el agua atraviesa un lecho filtrante, en general arena o arena y carbón, de modo que partículas en suspensión sean retenidas produciendo un efluente más limpio. Tradicionalmente existen dos procesos distintos de filtración: filtración lenta y filtración rápida. La opción por uno de los métodos depende principalmente de la calidad del agua a tratar y del volumen a ser tratado e implica en profundas diferencias en el diseño de plantas de tratamiento de agua potable (Fernandes, s.f.).

La filtración además de remover turbidez, también inicia la remoción de microorganismos patogénicos. La filtración es una barrera sanitaria del tratamiento, pues no se puede garantizar una adecuada seguridad del agua con relación a la presencia de patógenos, si esta (agua) no pasa por el filtro (CESAN, s.f.).

Se requieren por lo menos dos módulos (filtros) que permitan una operación segura y continua y para poder realizar limpieza alternadamente (Blacio & Palacios, 2011).

En filtros lentos de arena el diámetro efectivo (d_{10}) y el coeficiente de uniformidad (CU) de la arena, son parámetros que afectan la eficiencia de purificación del filtro. El diámetro efectivo, o tamaño efectivo, es la abertura del tamiz a través del cual pasara el 10% (por peso) de los granos de arena. El coeficiente de uniformidad (CU) es la relación entre el diámetro efectivo y la abertura del tamiz a través del cual pasara un 60% (por peso) de los granos (d_{60}). El CU se calcula con la relación d_{60}/d_{10} . La arena usada en los filtros lentos debe ser relativamente fina y tener un diámetro efectivo entre 0,15 y 0,35 mm. Y un coeficiente de uniformidad menor a 5, preferiblemente entre 2 y 3,5 (Palacios, 2011).

2.1.2 Filtración lenta y rápida

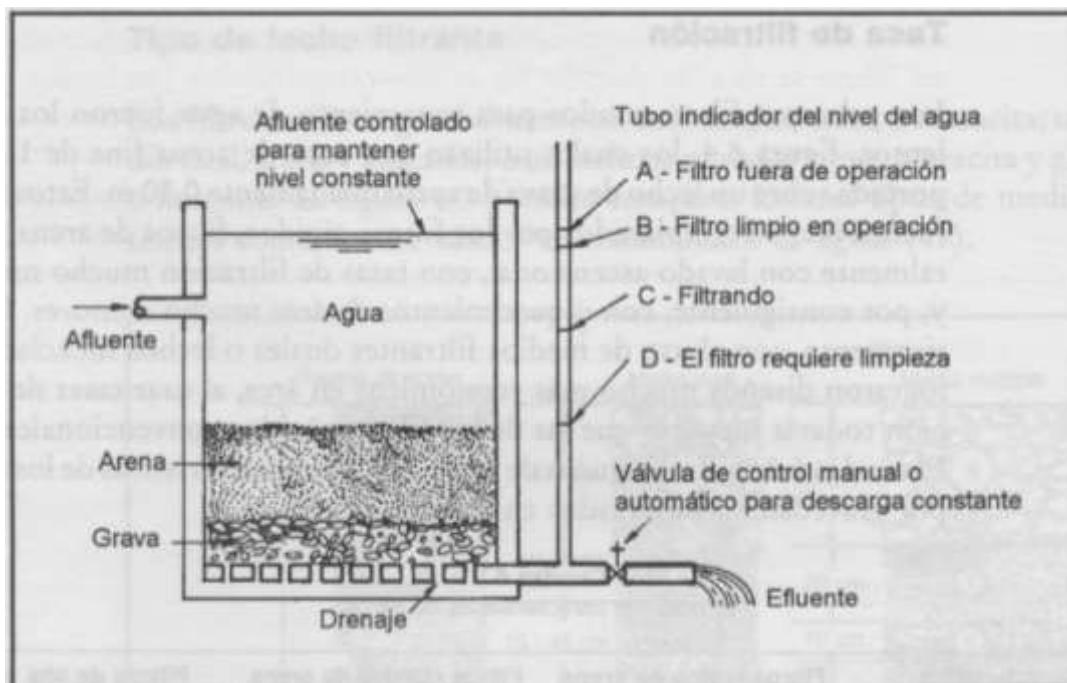
El proceso de filtración de agua tiene como objetivo la clarificación, para ello es necesario que el agua pase por medio de capas de arenas y las partículas sólidas quedan retenidas y además retengan microbios que se hallan en el agua de tal manera que esta pueda estar apta para el consumo humano. Los procedimientos de tratamiento de agua se han

ido adoptando para que brinde soluciones a pequeñas escalas con el fin de dar uso unifamiliar. De tal manera, que las aguas turbias o con colores oscuros al ser traspasadas por medio de objetos filtrantes obtengan agua transparente y puedan estar en buenas condiciones para consumo humano (Valles et al., 2013).

El filtro lento es utilizado principalmente para disminuir o eliminar la turbiedad del agua, para ello es necesario utilizar indicadores medios de 10 a 20 unidades nefelométricas de turbiedad, según sea el diseño y la operación pueden cumplir la función de un sistema de desinfección del agua (Torres & Villanueva, 2014). La filtración lenta de arena es una estructura que realiza procesos físicos y biológicos que destruyen los microorganismos patógenos presentes en el agua haciendo que sea dañina para el consumo humano. La filtración está considerada como una tecnología limpia que purifica el agua sin producir efectos secundarios en la contaminación para el ambiente y el consumidor (Arboleda, 2000).

Asimismo, en la figura 1 se muestran los componentes de un filtro lento de arena (Romero, 2005).

Figura 1: Componentes de un filtro lento de arena



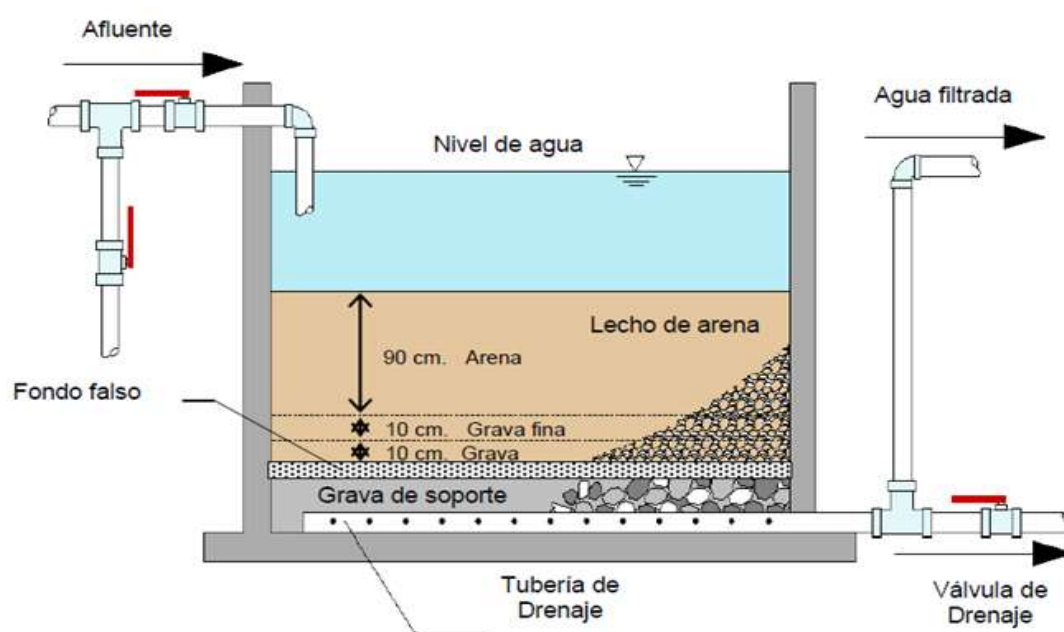
Fuente: Romero (2005)

La filtración lenta es un proceso simple y de gran eficiencia. EL inconveniente es que este funciona con tasas de filtración muy bajas, siendo aplicable solo a las aguas de turbidez

baja (menor de 50 ppm), exigiendo por eso, grandes áreas de terreno y volumen elevado de obras civiles. La tasa de filtración en filtración lenta varía entre 3 y 9 m³/m². día, siendo más frecuente entre 3 y 4 m³/m². d. Encima de esta tasa puede resultar en un agua de calidad insatisfactoria (Fernandes, s.f.).

Por otro lado, la filtración lenta se utiliza para la remoción de color y turbidez poco elevados (menor a 50 ppm), sin auxilio de coagulación. Generalmente son aplicados en pequeñas comunidades. Tienen forma rectangular en gran parte y debido a la baja tasa de filtración, son relativamente grandes (Taffarel, 2012).

Figura 2: Unidad de filtración lenta con las diferentes capas de arena



Fuente: Taffarel (2012)

Los filtros rápidos son diseñados a partir de la tasa de filtración comprendida entre 120 (con lechos simples de arena) y 300 m³/m². día, dependiendo de la calidad de operación, del sentido de flujo, ya sea de lecho simple o doble. Unidades con capacidad de filtración superior a 150 m³/m². día, en general son denominadas de filtros de tasa alta, los cuales tratarán una mayor cantidad de agua con un área reducida de lecho filtrante (Fernandes, s.f.).

A medida que el filtro va funcionando acumula impurezas entre los intersticios del lecho filtrante aumentando progresivamente la pérdida de carga y reducción de su capacidad de filtración. Cuando esa pérdida alcanza un valor preestablecido o la turbidez del efluente es superior al valor máximo de operación, debe realizarse el lavado de los filtros.

El tiempo en que el filtro pasa trabajando entre un lavado y otro, se denomina carrera de filtración. La carrera de filtración para filtros rápidos está entre 20 a 30 horas (Fernandes, s.f.).

2.1.3 Lechos filtrantes

2.1.3.1 Grava

La grava sirve como medio de soporte para filtros de agua está compuesta de material predominantemente silíceo, de granos sub-angulares, duros resistentes y densos. La grava es extraída de canteras de río y procesadas especialmente para aplicaciones de filtración de agua (Rueda & Romero, 2017).

Entre los lechos filtrantes se encuentra la arena de río, lavada, su principal característica es la elevada porosidad del filtro, forma una pasta evitando las grietas y rajaduras al dar forma a los filtros. Este tipo de arena mejora la resistencia del filtro en uso incrementado el paso del agua filtrante por unidad de tiempo; es barata y se halla fácilmente (Soriano, 2014).

2.1.3.2 Arena

La arena es un lecho filtrante que está compuesta predominantemente de material silíceo, con granos sub-angulares, duros, resistentes y densos. Estos materiales tienen parámetros de tamaño, dureza y forma requeridas para el óptimo funcionamiento de los equipos de filtración (Rueda & Romero, 2017).

Para determinar los diferentes tipos de arenas se debe tener en cuenta su clasificación con las que son denominadas la arenas comerciales, según sus propiedades de granulometría, diámetro efectivo, coeficiente de uniformidad, formas, friabilidad, y resistencia al ataque con ácido (Valles et al., 2013).

2.1.3.3 Carbón activado

El carbón activado tiene como característica principal la porosidad, producto de su estructura de la materia prima y del proceso físico o químico que ayuda a aumentar su porosidad interna, el carbón presenta grandes redes de túneles que bifurcan en canales menores presentando una gran superficie de adsorción (Francischetti, 2010).

El carbón activado es utilizado en filtros para tratamiento del agua para consumo humano, existen una gran diversidad de investigaciones que se realizaron con la finalidad los niveles de remoción de contaminantes orgánicos dispersos en el agua. Además de contaminantes el carbón activado es utilizados para mejorar las características organolépticas del agua, siendo implementando por las industrias con el propósito de remover olor y color del agua (McCreary & Snoeyink, 1977).

El carbón activado es muy utilizado por su alta porosidad y gran superficie específica, abarcando desde áreas pequeñas hasta áreas extensas de miles de metros cuadrados

por gramo de carbón activado (Bacaoui & Dahbi, 2002).

Para tratamientos de agua superficial se utilizan carbón activado granular siendo aplicado en la última etapa del filtro o reactor (Chowdhury, 2013). Este medio filtrante es usado comúnmente en los Estados Unidos en plantas de tratamiento con filtros rápidos con la finalidad de remover compuestos orgánicos, principalmente olor, sabor y turbiedad en una misma unidad.

2.1.3.4 Antracita

Rueda y Romero (2017) mencionan que la antracita es obtenida de agua provienen de minas, por ello tiene elevados contenidos de carbón. La antracita como lecho filtrante complementada con los lechos filtrantes de arena generan todas las ventajas en un solo filtro, ayudando a que con corridas con duraciones 30% a 40% superiores al de los filtros multicapa de arena.

El lavado de los filtros que contienen antracita se realizan pasando un agua en contracorriente permitiendo expandir el lecho de material filtrante provocando el desprendimiento de las partículas retenidas en el lecho para enviarla al desagüe. Después de cada lavado el lecho filtrante es clasificado y la antracita se escoge, clasifica y tamiza con la finalidad de mejorar la calidad del material y obtener agua filtrada de buena calidad. La antracita permite obtener agua filtrada con excelentes características organolépticas, físicas y químicas (Rueda & Romero, 2017).

La antracita tiene muy buena durabilidad, tamaño efectivo entre 0,6 – 1,4 mm generando agua de excelente calidad para el consumo, para ser utilizado en los filtros se requiere que el tamaño efectivo de la antracita debe encontrarse en el rango de 0,8 a 1,4 mm y para los lechos múltiples de arena y antracita u otra variación en las capas el rango de los tamaños efectivos de la antracita es de 0,8 -1mm. Arboleda, (2000) menciona que cuanto mayor sea el tamaño de la antracita la calidad del agua filtrada será de menor calidad, por ello es fundamental utilizar antracitas de tamaño menor a 1,4 mm.

2.1.4 Requerimientos para la instalación y ubicación de los filtros lentos de arena

La Organización Panamericana de la Salud, en adelante la OMS (2012) menciona que las condiciones básicas de instalación y ubicación de los filtros de arena lentos son de preferencia en zonas con topografía a desniveles siendo característica fundamental para que el sistema pueda filtrar totalmente por acción de la gravedad. Si no hubiese desniveles será necesario crear sistemas que eleven el nivel del agua utilizando bombeo del agua cruda hasta un nivel óptimo para el proceso de filtración.

- Entrada de agua al filtro

El filtro debe recibir un flujo de agua constante porque al no recibir agua la capa biológica puede disminuir en un periodo de 24 horas, modificándose su buen funcionamiento, por

ello la primera propuesta es que el filtro de agua se ubique al lado del tanque de almacenamiento en la parte alta de la estructura, con la finalidad de que puedan destinarse varios puntos de toma de agua en la unidad habitacional, esto permite mejorar el sistema y la captación de agua por parte de los beneficiarios, evitando que el agua sea acarreado el agua de un lugar a otro (Torres & Villanueva, 2014).

- Filtración

La regulación del agua que entra al sistema de filtración puede ser con una válvula del flotador o manipulación manual si no hay conexión directa con la red, de esta manera el líquido pasará a través de los lechos filtrantes por efecto de la gravedad. A inicios del proceso de filtración no existirá una eficiencia total, puesto que el lecho necesita un periodo de maduración para para la realización eficiente de remoción de los contaminantes, este proceso que llevará de 4 a 5 semanas. Durante el periodo de maduración las partículas que se encuentren en el flujo de agua comenzarán a ser removidas por la capa biológica, causando que los poros presentes en el medio sean cada vez más selectivos. Durante el proceso de filtración se producirá una acumulación de materia orgánica, que será descompuesta por medio de microorganismos presentes en esta, actuando indirectamente como un agente de desinfección del agua (Torres & Villanueva, 2014).

- Salida del agua filtrada

A la salida del proceso de filtración el agua filtrada es conducida por la red de drenaje hacia el consumo final, sin embargo, en las primeras 4 semanas debe ser utilizada para actividades ajenas al consumo humano, porque el filtro aun no cumplió con el proceso de maduración de la capa biológica (Torres & Villanueva, 2014).

2.1.5 Dimensionamiento de filtros

El dimensionamiento del filtro, así como el tratamiento de agua, dependerá de las características fisicoquímicas y microbiológicas establecidas como meta de efluente, a partir de ello, se deberá elegir el tiramiento con los costos más económicos convenientes (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

Para diseñar el filtro, con sus dimensiones y parámetros de tratamiento de debe tener en cuenta los siguientes componentes: características físico-químicas del agua, usos del agua, seleccionar proceso y parámetros de diseño, redimensionamiento de las alternativas de tratamiento, contar con un terreno y la posibilidad técnico-económica (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

En la tabla 1 se muestra las dimensiones de los diámetros para el diseño de filtros, de acuerdo a las características flujo y medio filtrante.

Tabla 1. Dimensiones de los diámetros para el diseño de filtros

Descripción	Unidades	Diámetros (m)				
		0.30	0.35	0.40	0.50	0.60
Área de filtración	m ²	0.071	0.096	0.1256	0.0196	0.280
Caudal de filtración real	L/h	14	19	25	39	56
Caudal de filtración nominal	L/h	15	20	25	40	60
Coronamiento (borde de seguridad)	m	0.05	0.05	0.005	0.005	0.005
Altura para recibir 20 litros	m	0.28	0.16	0.16	0.10	0.07
Tirante fijo (sobrenadante)	m	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Arena fina	m	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Arena gruesa	m	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Gravilla 1/4 a 1/2	m	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
Total altura recipiente	m	1.06	0.98	0.94	0.88	0.85

Fuente: OMS (2008)

Asimismo, en la tabla 2 se muestra las variables del proceso que afectan las eficiencias de la filtración lenta.

Tabla 2. *Variables del proceso que afectan las eficiencias de la filtración lenta*

Clasificación	Variables
Condición de diseño	Tasa de velocidad
	Tamaño de arena
	Pérdida de carga permitida
	Profundidad del lecho de arena (máximo y mínima)
	Frecuencia de limpieza
Parámetros de Operación	Tiempo en que el filtro esta fuera de operación después de la limpieza
	Mínima altura del lecho permitida
	Tiempo de maduración del filtro
	Variaciones de flujo
	Edad y tipo de shmutzdeche
	Distancia entre capas
	Temperatura del agua
	Calidad del agua cruda
	Clase de macro organismos presentes
	Concentración de microorganismos
Condiciones ambientales del agua cruda	Tipo y concentración de algas
	Magnitud y tipo de turbiedad
	Concentración y tipo de compuestos orgánicos
	Concentración y tipo de nutrientes

Fuente: Canepa (1992)

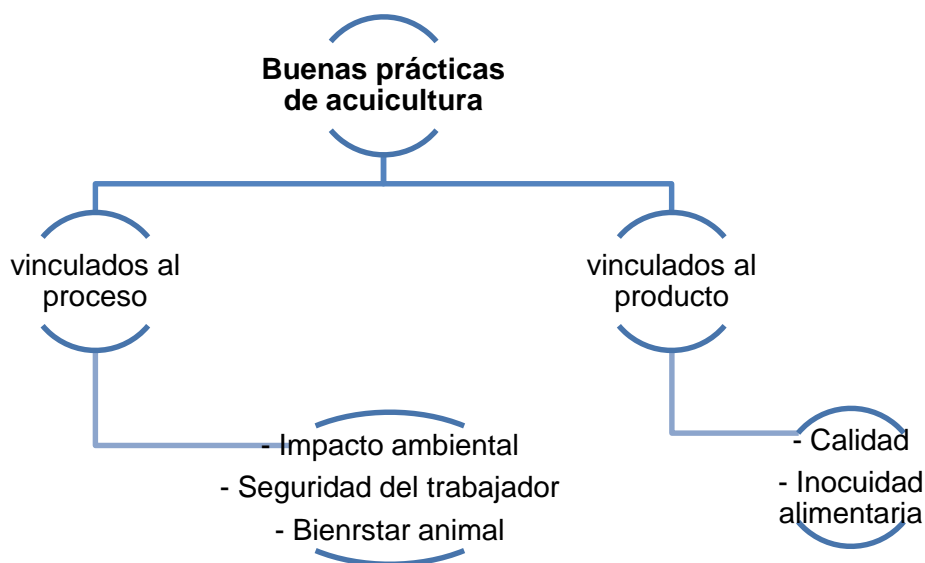
2.1.6 Acuicultura en aguas continentales

Se entiende por acuicultura continental a todas las actividades tecnológicas, orientadas en la crianza de especies acuáticas de aguas dulces, que comprende un ciclo biológico completo o parcial y se desarrolla en un medio determinado con ambientes hídricos naturales o artificiales (Amacifén & Guevara, 2015).

En sus orígenes la acuicultura continental se dedicaba a la crianza de especies de ciprínidos, mayormente de la carpa, por su fácil acomodación a distintas calidades de agua y requerimientos no exigentes para su crianza y se consideraba una fuente de proteína animal de fácil acceso. En seguida se dio inicio a la crianza de trucha y otras especies de salmónidos de quienes sus requerimientos son más exigentes con respecto a la calidad de agua (Ministerio de Medio Ambiente, 2011)

El desarrollo de la actividad, además de estar marcada por su implantación de tecnología ha mejorado la crianza de la especie, mejorando su rendimiento en tamaño, calidad y desarrollo. (Ministerio de Medio Ambiente, 2011)

Figura 3: Principios de las buenas prácticas de la acuicultura



Fuente: Adaptado de Organismo Público Descentralizado Sierra Exportadora (2011)

2.1.7 Cultivo de truchas arco iris

En la tabla 3, se muestra la clasificación taxonómica de la especie *Oncorhynchus mykiss* (trucha arco iris).

Tabla 3. Clasificación taxonómica de *Oncorhynchus mykiss* “trucha arco iris”

Clasificación taxonómica	Nombres
Reyno	Animalia
Phyllum	Chordata
Sub pyllun	Vertebrata
Grupo	Gnatosthomata
Super Clase	Pisces
Clase	Osteichthyes
Sub Clase	Actinopterygii
Super Orden	Clupeomorpha
Orden	Salmoniformes
Familia	Salmonidae
Género	Oncorhynchus
Especie	Oncorhynchus mykiss
Nombre común	Trucha Arcoiris

Fuente: adaptado Mamani (2016)

- Descripción

La trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), tiene un cuerpo de forma alargada, afilado con 60-66 vértebras, 3- 4 espinas dorsales, 10-12 rayos dorsales flácidos, 3-4 espinas anales, 8-12 rayos anales blandos, 19 rayos caudales, una aleta adiposa que usualmente presenta un borde negro. Presenta un cambio en la coloración, forma de cabeza, tamaño de cuerpo de acuerdo con el hábitat, condición sexual y edad. (Ficha tecnica, 2013)

La especie *Oncorhynchus mykiss*, es conocida con el nombre de trucha arco iris. Su cuerpo es fusiforme y está cubierto de escamas delgadas. Asimismo, posee una línea lateral color rosa brillante, la cual se vuelve más vistosa en época reproductiva. Es un pez carnívoro y pertenece a la familia de los salmónidos, es muy voraz y se adapta a densidades de población altas. Tiene por hábitats los cuerpos hídricos lóticos y lénticos de las aguas continentales (FONDEPEZ, citado por Gómez, 2017).

Figura 4: Ilustración de la Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)



Fuente: Ficha técnica (2013)

- Calidad de agua en la crianza de truchas arco iris

La filtración de agua es indispensable para el tratamiento y eliminación de sedimentos y microorganismos que podrían afectar el desarrollo de la crianza de Trucha Arco iris, ya que su exigencia de calidad de agua es muy alta y parecida al agua apta para consumo humano (M. Luna, J. Fernández, 2017)

La trucha arco iris es una especie carnívora, se alimenta de invertebrados y como también de algunos peces pequeños, se pasa las presas enteras, su desarrollo varía en función de las peculiaridades de la calidad y temperatura del agua; así como de la disponibilidad de alimento, en su ambiente natural se alimenta de insectos acuáticos, y su desarrollo depende de la densidad de truchas en un espacio de agua (Gomez, 2017)

Los parámetros de calidad del agua, basados en oxígeno disuelto, turbidez, color y temperatura del agua influyen claramente sobre la biología de las truchas; especialmente sobre el ritmo mensual de desarrollo y el grado de prontitud metabólica, de manera menos notable influyen la presencia de algunas características del agua, como los amonios (W. Vásquez, M. Talavera & Inga, 2016)

En la tabla 4 se muestran los parámetros fisicoquímicos del agua que se requiere para la crianza de trucha arco iris.

Tabla 4. *Parámetros físicoquímicos del agua para la crianza de trucha arco iris*

Características del agua	Parámetros
Temperatura del agua	10 – 16°C
Oxígeno disuelto	6.5 – 9 ppm
pH	6.5 – 8.5
CO ₂	> 7 ppm
Alcalinidad	20 – 200 mg /L Cac03
Dureza	60 – 300 mg /L
NH ₃	No mayor de 0,02 mg /L
H ₂ S	Máximo aceptado de 0,002 mg /L
Nitratos	No mayor de 100 mg /L
Nitritos	No mayor de 0,055 mg /L
Nitrógeno amoniacal	No mayor de 0,012 mg /L
Fosfatos	Mayores de 500 mg /L
Sulfatos	Mayor de 45 mg /L
Fierro	Menores de 0,1 mg /L
Cobre	Menores de 0,05 mg /L
Plomo	0,03 mg /L
Mercurio	0,05 mg /L

Fuente: Ragash (2009)

a. Temperatura

La temperatura adecuada para la crianza de truchas es el rango de 9 a 18°C, y para la temperatura ideal para el desarrollo de truchas para ser comercializadas es de 15°C,

porque las funciones fisiológicas de la trucha se realizan en forma óptima, la temperatura del agua donde habitan las truchas influye en la velocidad en la nutrición, desarrollo y crecimiento. Temperaturas superiores a los 18° C crea un medio en que las truchas son más sensibles a las enfermedades. La temperatura también influye en la alimentación y nutrición de los peces, este factor afecta el incremento de peso de las truchas (Huamán, 2012).

b. pH

El pH adecuado del agua para la crianza de truchas se encuentra en el rango de 6,5 a 8,0, valores inferiores o superiores a los establecidos producen cambios bruscos ocasionando lentitud en el crecimiento y mortandad de las truchas. El pH del agua debe ser supervisado constantemente evitando fluctuaciones o cambios bruscos con la finalidad de preservar la vida de las truchas (Huamán, 2012).

c. Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto en el agua influye directamente en el crecimiento y desarrollo de la trucha, el oxígeno disuelto en el agua está condicionado por la temperatura del agua, temperaturas altas generan mayor actividad de los peces produciéndose mayor consumo de oxígeno por las truchas. Cuando el agua en que habitan los peces contiene altas concentraciones de oxígeno es posible manejarse mayor densidad de peces por área. El crecimiento de plantas en el agua disminuye el nivel de oxígeno (Huamán, 2012).

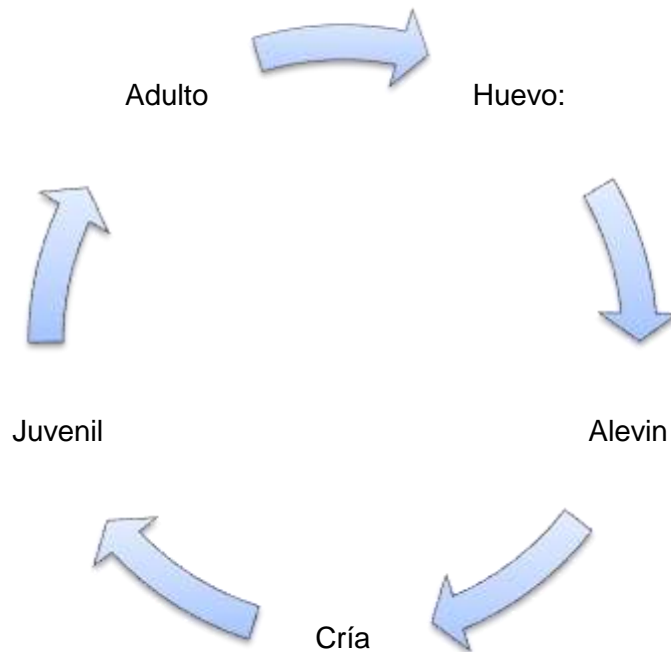
d. Fósforo

Las aguas servidas que contienen residuos de detergentes causarán eutrofización (incremento de algas, lentejas de agua, etc.) por la presencia de fósforo. El exceso de alimentos que no son consumidos y los desechos del metabolismo elevan la cantidad de fósforo en el agua. Los alimentos para peces que tienen harina de pescado también incrementan los niveles de fósforo. Por lo tanto se debe utilizar sólo en proporciones adecuadas evitando que sea fuente de contaminación de las agua en las que se crían las truchas (Huamán, 2012).

- Reproducción

La trucha arcoíris se reproduce mediante huevos, su fecundación es externa, para reproducirse deben alcanzar su madurez sexual, que en las hembras alcanzan aproximadamente a los 3 años y los machos a los 2 años y medio, el tamaño en que se empiezan a reproducir puede variar en las hembras entre 25 a 30 cm y en machos entre 20 a 25 cm, no siendo esta una regla fija, ya que la madurez depende de muchos factores, sobre todo de los factores ambientales. La reproducción de las truchas se inicia casi siempre en abril y se extiende hasta el mes de septiembre, pero son los meses de junio y julio los de mayor actividad reproductiva (Anónimo, 2013).

Figura 5: *Ciclo de reproducción de la trucha Arcoíris.*



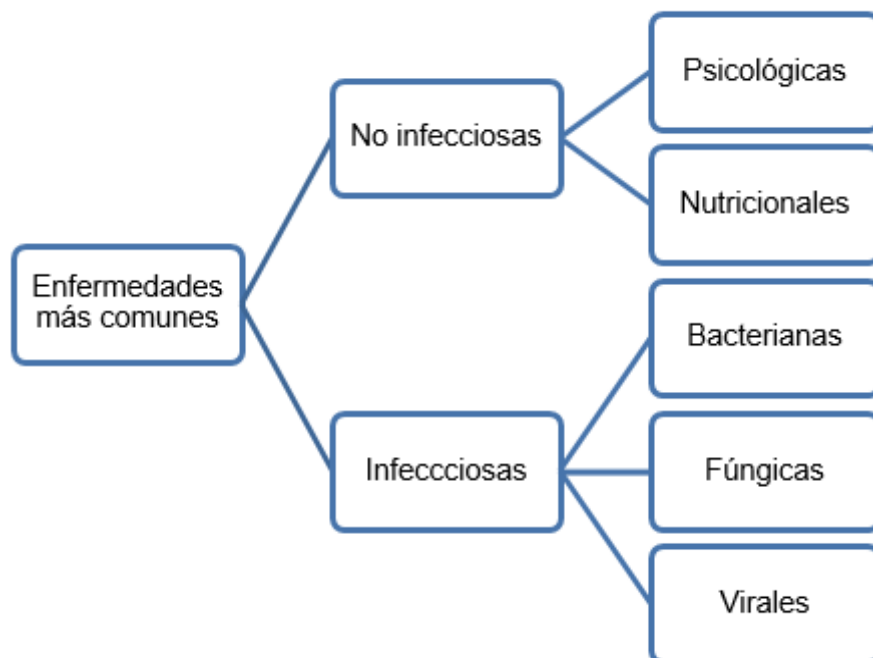
Fuente: adaptado de Ficha técnica (2013)

- **Enfermedades más comunes en la Trucha Arcoíris**

El control de enfermedades es un asunto de mucha importancia en la crianza de trucha, para ellos es importante saber diferenciar el tipo y origen de enfermedad, a partir de los signos corporales internos y externos, que presenta la especie, durante cualquier etapa de su desarrollo (Lipa, 2014)

En la figura 3 se muestra la clasificación de las enfermedades más comunes presentadas en la crianza de trucha según investigaciones realizadas en la Universidad Nacional del Altiplano.

Figura 6: *Enfermedades más comunes en la Trucha Arcoíris*



Fuente: adaptado de Montesinos (2018)

2.2 Marco legal

- Constitución política del Perú

La constitución política del Perú establece los recursos naturales son patrimonio de la nación y que el estado es autónomo en su aprovechamiento, a sí mismo está encargado de establecer políticas de su aprovechamiento sostenible.

- Ley General del Ambiente 28611

Mediante la ley general del ambiente 28611, El Estado promueve y controla el aprovechamiento de los recursos naturales, entre ellos encontramos a las aguas continentales, por ende a través de la gestión integrada del recurso hídrico, se debe prevenir la afectación de su calidad ambiental y de las condiciones naturales de su medio, como parte del estado naturaleza donde se encuentran; también mediante la misma regula su asignación en función de objetivos sociales, ambientales y económicos; y promueve la inversión y participación del sector privado en el aprovechamiento sostenible del recurso.

- Ley general de Recursos Hídricos

Esta Ley tiene por objetivo regular la acción del Estado y de los particulares en la gestión integrada del agua, su uso sostenible y multisectorial, tanto de las aguas marino costeras como también de las aguas continentales, en mares, ríos y lagunas, de esta manera el estado vela por el buen aprovechamiento de este recurso indispensable para la vida en el planeta, normando sus formas adecuadas de explotación por los usuarios públicos y privados.

- **D.S.04-2017-MINAM**

Este decreto supremo D.S. 04 2017- MINAM, establece los estándares de calidad de agua en cada Categoría de usos, encontrándose la extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales en la categoría 2, donde se encuentran los valores de los parámetros que dicha normativa asigna para para los cultivos acuáticos, estando dentro de ellos la crianza de Trucha Arcoíris.

- **Norma OS.020**

Esta norma establece los criterios de diseño de las unidades de tratamiento de agua. Los criterios de diseño para las unidades de filtración, contenidos en esta norma permitieron calcular las dimensiones de los filtros.

2.3 Antecedentes de la investigación

2.3.1 Antecedentes internacionales

Gualteros y Chacon (2015) en la investigación titulada “Estudio de la eficiencia de lechos filtrantes para la potabilización de agua proveniente de la quebrada la despensa en el Municipio Guadas Cundinamarca Vereda la Yerbabuena” cumplieron con el objetivo de diseñar cuatro filtros de agua utilizando diferentes tipos de lechos y evaluaron su eficiencia, la investigación se inició con la identificación de las familias más vulnerables y necesitadas agua con mejor calidad; se usaron como medios filtrantes: piedra de media zonga (5-8 cm), le sigue una capa de piedra triturada (3/8 “ - 0,95 cm), una capa intermedia de grava (1/4 a 1/2 “- 0.05 mm) y una capa de piedra de media zonga (5-8 cm) con variaciones en el lecho. Los resultados demostraron que, con lecho de arena fina, tubería pvc y carbón activado la eficiencia de la turbiedad fue 88, 96 y 82%, respectivamente. Finalmente, el prototipo escogido, es el lecho compuesto de piedra grande, grava, arena gruesa y tubería de PVC, debido a que logro la mayor eficiencia de remoción. Esta unidad de filtración mostro una eficiencia entre el 73.4% y el 93. % en la disminución de la turbidez; y en cuanto a la remoción de Coliformes totales, en todas las viviendas tuvo una remoción del 100%.

Avila y Moreno (2016) en la investigación titulada “Diseño, propuesta e implementación

de un filtro para tratamiento de aguas de uso doméstico en tanques de reserva en la población del casco urbano de la inspección de San Antonio de Anapoima” la investigación tuvo como objetivo de proveer de filtros a las familias necesitadas de agua. Al inicio de la investigación se realizó una visita para evaluar las condiciones en que se encontraban los tanques de almacenamiento de agua. Los resultados demostraron que las características del agua almacenada no cumplían con las especificaciones máximas dadas por la entidad de salud son calcio máximo 60mg/L, cloro residual libre 0,3 – 3 mg/L, coliformes totales 0UFC/100ml, dureza total 300, Ecoli 0UCF/100cm³, turbiedad 2UNT y los valores encontrados en el agua almaedado fue: calcio 120mg/L, cloro residual libre 0mg/L, coliformes totales 20000UFC/100ml, dureza total 400, Ecoli 24UCF/100cm³, turbiedad 2,2UNT. Por otro lado, se dio a conocer que una vez que se instaló el filtro los pobladores seleccionados del lugar notaron los cambios en el agua y no solamente por las mejores características físicas, también por los mejores resultados durante su utilización, por la menor dureza y disminución del olor. Además, los análisis de laboratorio demostraron la eliminación total de microorganismos. De acuerdo con la resolución 2115 de 2007 se observó que el agua cumple con 20 de los 23 parámetros necesarios para agua de consumo humano.

Rivas y García (2017) en la investigación “Evaluación de la filtración lenta de arena para la potabilización del agua en el corregimiento de San José de Playón”. La investigación procuraba evaluar el método de filtración lenta de arena, el proyecto presentaba un enfoque integrado multimodal, es decir se hizo un diagnóstico, la implementación y socialización de la comunidad sobre la calidad de agua para consumo humano. Los resultados demuestran que el agua de pozo y el embalse que consumían los pobladores de Playón no cumplía con el límite permisible en sólidos solubles totales, manganeso y coliformes totales que estaban por encima de lo establecido por la Res. 2115 de 2007. El agua del embalse tenía 16,63UNT de turbidez, 195UPC de color aparente, 7,61 de pH, 3100UFC/100mL de coliformes y 0mg/L de cloro residual. Después de la filtración las características fisicoquímicas del agua fue 1,50UNT de turbidez, 22UPC de color aparente, 7,69 de pH, 0UFC/100mL de coliformes y 0,6mg/L de cloro residual. Utilizando los sistemas con filtros lentos de arena se obtuvo un porcentaje de remoción máximo de 90.98 % de turbidez, 88.72% de color aparente y el 100% de coliformes.

2.3.2 Antecedentes nacionales

Rossi (2017) en la investigación “Diseño de un purificador de agua para uso en la pequeña industria alimentaria de zonas rurales” En esta investigación se tuvo como objetivo realizar el tratamiento de agua con características organolépticas y fisicoquímicas extremadamente inadecuadas para el consumidor, además contenían

metales pesado superior a lo permitido en agua para consumo humano. Los filtros propuestos tenían cuatro variantes consistentes en el uso de carbón activado y depuración vegetal de raíces de pasto (filtro tipo A); el filtro B estaba implementado con ceniza de cascarilla de arroz y depuración vegetal empleando raíces de pasto; el filtro C con una mezcla 1:1 de carbón activado, ceniza de cascarilla arroz; y depuración vegetal de raíces de pasto y el filtro D con ceniza de cascarilla de arroz. Los resultados demostraron que los cuatro filtros eran similares en las características organolépticas, al no tener olor, el color fue límpido y luego de 24 horas de reposo no mostró sedimento o partículas en suspensión, sin sabor y apariencia agradable. Respecto a las características químicas el tipo “C” dio los mejores resultados, lográndose disminuir los niveles de algunos contaminantes. Puede indicarse que por ejemplo la turbidez disminuyó hasta en un 99,97% respecto del valor inicial; no fue así el caso de la conductividad que sólo se redujo en 8,12% y la concentración de elementos ecotóxicos Plomo, Cadmio, Arsénico, Boro presentaron reducciones del orden de 6,06%; 22,22%; 25,37% y 35,29% respectivamente. Aunque la concentración de Manganeseo inicial no se encontraba por encima del límite máximo permisible (0,120 mg/L), pudo disminuir hasta en un 88,33 % siendo el más fácil de controlar.

Silupú et al. (2017) en la investigación “Caracterización de filtros comerciales para agua a base de carbón activado para el tratamiento de agua del río Tumbes – Perú” evaluaron el carbon activado comercial (A, B,C y D), luego de ser caracterizados fueron utilizados en filtros para tratamiento de agua para la descontaminación de metales pesados y microorganismos que se encuentran en el agua de río que los habitantes utilizan. Los resultados demostraron que los carbones comerciales tenían estructurass microporosas y mesoporosas. El área superfical entre los carbones activados varió entre 705 y 906 m^2/g . La forma de los carbones fue amorfo y se encontro la presencia de de agentes antibacterianos como Ag, Cl, Cu y Si. El agua del río Tumbes-Perú tenía contenidos iniciales de 56,7 y 224,0 ug/L de As y Pb, las que fueron adsorbidas por el carbón activado casi al 100%.

Soriano (2014) en la tesis de grado titulado “Eficiencia del filtro de arcilla en la purificación del agua para consumo humano en Cajamarca” cuyo objetivo fue determinar la validez de los filtros de arcilla respeto a la eficiencia; en la infestación se consideró ocho filtros de arcilla hechos artesanalmente, para ello las arcillas se extrajeron de cinco canteras ubicadas en la Provincia de Cajamarca, considerando la cantera de San Ramón, Shudal, Guitarrero, El Cumbe y Namora; se buscó determinar la características de la arcilla y su reacción con las mezclas de aserrín y arena, para la retención de microorganismos,

eliminación de metales y la velocidad de filtración para satisfacer las necesidades de agua. Tres Filtros de Arcilla Tipo I, estaban conformados arcilla, aserrín y plata coloidal al 3.2% y los otros cinco filtros, asignados el nombre de Filtros de arcilla Tipo II, estaban constituidos por caolín, arena de río y aserrín y tres filtros con arcilla, arena de río, y aserrín. Dichas variaciones demostraron que los filtros de arcilla tipo II es más eficaz porque este cumplían con el mayor número de parámetros entre ellos tenemos: El pH aumento de 6 a 7,6 y disminuyeron la conductividad a 20°C de 220,5 a 96,1; los sólidos totales de 360,8 a 87,23; los sólidos disueltos de 252,6 a 50,7; sólidos en suspensión de 108, 2 a 36, 53; la turbidez de 4,8 a 1,23; la alcalinidad total CaCO₂ de 35,8 a 21, 67; la dureza total de 280,9 a 88,03; oxígeno disuelto (O₂) de 2,2 a 1,27; sulfatos (SO₄)² de 110,8 a 42; Arsénico (As) de 0,022 a 0,001; Hierro (Fe) de 0,058 a 0,0357 y el Plomo (Pb) de 0,010 a 0,008.

2.3.3 Antecedentes locales

Amacifen & Guevara (2015) desarrollaron un estudio titulado “Incidencia de la crianza de “Tilapia” *Oreochromis niloticus* en la calidad del Agua y su impacto ambiental, en el Distrito de Moyobamba – 2015”. El objetivo del estudio fue determinar la incidencia de la crianza de tilapia en la calidad del agua. Los resultados indican que los parámetros de amoníaco y nitrito sobrepasan los estándares del D. S. N° 015-2015-MINAM [vigente en ese entonces]. Asimismo, Bautista y Ruiz, citados por Amacifen & Guevara (2015), indican que principales parámetros que definen la calidad del agua para el cultivo de peces son turbidez, color, transparencia, temperatura, amoníaco, oxígeno disuelto, pH, alcalinidad, dureza, nitratos y nitritos.

Capítulo 3

Materiales y métodos

3.1 Ubicación del área de estudio

En la figura 7 se muestra la ubicación del área de estudio. La quebrada Ponasapa, pertenece al anexo Canaán, distrito Chuquibamba, provincia de Chachapoyas Región Amazonas.

3.1.1 Clima

La región amazonas cuenta con un clima muy lluvioso, cálido y muy húmedo, con abundante precipitación durante todo el año, siempre permanece húmedo debido a una concentración alta de vapor de agua en la atmósfera (SENAMHI, 2020).

3.1.2 Temperatura media anual

Se caracteriza por tener una temperatura muy variable en relación al valor mínimo y máximo, su valor promedio de temperatura es de 27°, aún que en épocas de invierno puede llegar hasta los 10° (SENAMHI, 2020).

3.1.3 Precipitación media anual

Según es SENAMHI (2020) indica que los valores anuales de precipitación son mayores a 2,000 mm

3.1.4 Altitud

Según informe de SENAMHI (2020), la altitud de la región amazonas varía entre 500 msnm hasta 3500 m.s.n.m., encontrándose la zona de estudio ubicado a 1970 m.s.n.m.

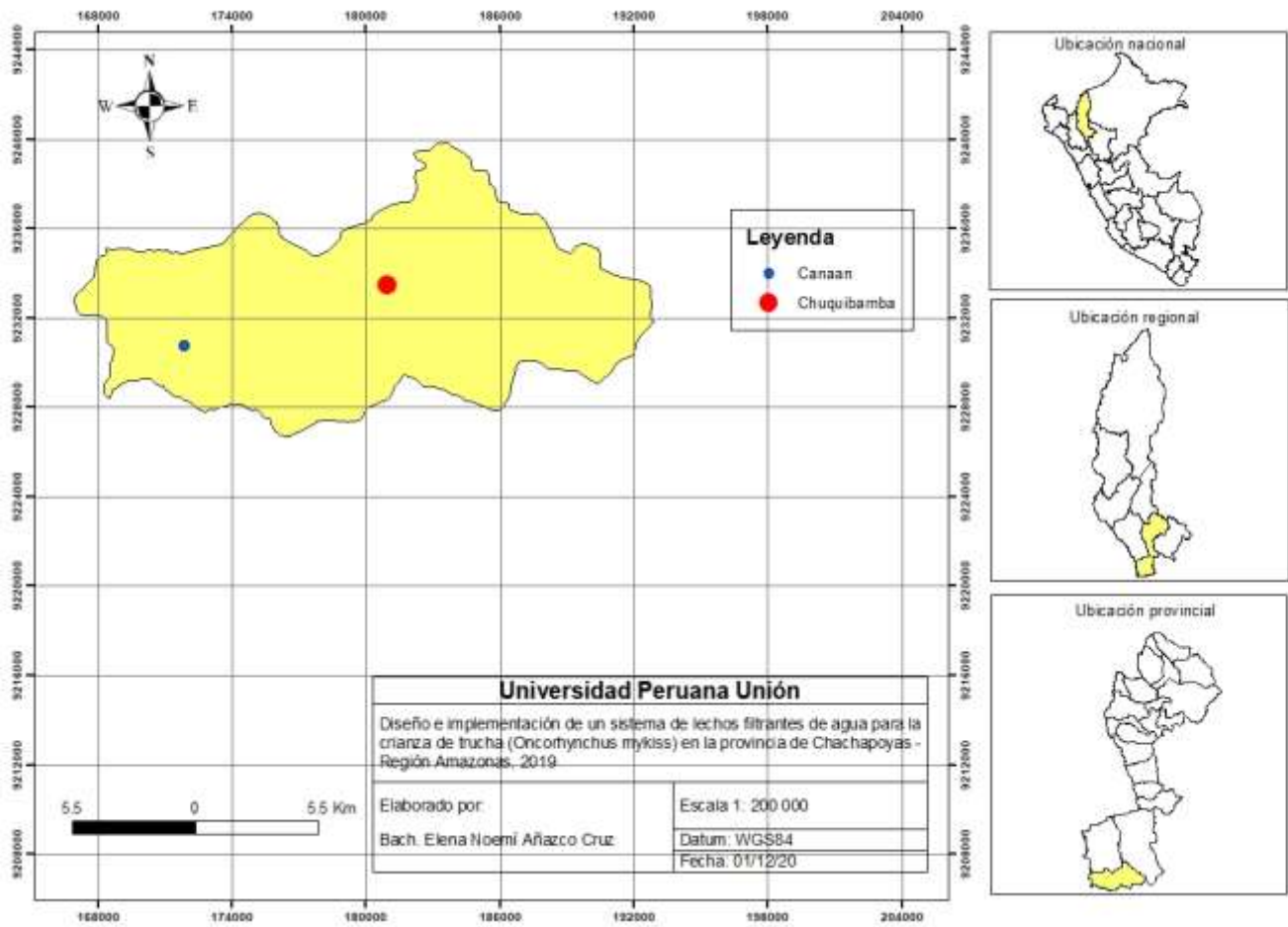
3.1.5 Actividades económicas

Dentro del distrito de Chuquibamba, la actividades económicas en primer plano son el cultivo de maíz, frijoles, yuca y papa, para consumo local y como segunda actividad tenemos la crianza de gano vacuno(Municipalidad distrital de Chuquibamba, 2015).

3.1.6 Población del distrito

Según datos del INEI(2017) el distrito de Chuquibamba cuenta con 2803 habitantes.

Figura 7: Ubicación del área de estudio



Fuente:

Elaboración

propia

3.2 Población y muestra

La población del presente estudio estuvo conformada por el agua de la quebrada Ponasapa, con uso potencial para la crianza de trucha arco iris. Esta quebrada, se ubica en el distrito Chuquibamba, provincia de Chachapoyas Región Amazonas. Asimismo, la muestra estuvo conformada por el caudal de $6.83 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$, para cada uno de los dos filtros. La muestra de agua filtrada, se recolectó después de dos horas de funcionamiento de los filtros. Se consideró un muestreo compuesto, en función al tiempo, es decir, cada 15, se tomó una muestra cada 15 minutos y luego se mezcló en una sola. En la quebrada, se consideró un muestreo compuesto, es decir se tomó tres muestras de la quebrada a diferentes profundidades.

3.3 Diseño y tipo de investigación

Esta investigación corresponde al tipo de estudio aplicado y descriptivo, porque describirá el diseño, el proceso de implementación y las características del agua antes y después de filtrar. Asimismo, para el desarrollo del estudio, se seleccionó un diseño experimental de tipo pre-experimento.

3.4 Hipótesis y variables

3.4.1 Hipótesis alterna

El diseño e implementación de filtros de arena y carbón activado es eficiente en la filtración de agua para la crianza de trucha arco iris.

3.4.2 Hipótesis nula

El diseño e implementación de filtros de arena y carbón activado no es eficiente en la filtración de agua para la crianza de trucha arco iris.

3.5 Diseño de la investigación

La investigación utilizará el diseño experimental, puesto que la variable dependiente que es la eficiencia del filtro respecto a las características fisicoquímicas del agua de la quebrada Ponasapa, del anexo Canaán, distrito Chuquibamba, provincia de Chachapoyas Región Amazonas.

3.6 Operacionalización de variables

En la tabla 4 se muestra la operacionalización de variables del estudio de las variables independiente y dependiente.

Tabla 5. Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
Variable Independiente Filtro de agua	El filtro es una unidad de tratamiento que retiene los sólidos de pequeño tamaño. Están hechos con tecnologías simples, eficientes, de bajo costo y que fueran socialmente aceptables para la eliminación in situ de la contaminación microbiológica y físico-química	Lechos filtrantes	Piedra, grava, piedra triturada, carbón activado, tubería de PVC.	Medidor en cm
Variable Dependiente Eficiencia en la calidad de agua		Parámetros físicos Parámetros químicos	pH, temperatura Oxígeno disuelto, color, turbidez dióxido de carbono, sólidos suspendidos totales, alcalinidad total, nitrógeno amoniacal, nitritos, nitratos, dureza total, cloruros.	pH-metro Kit de amoniaco

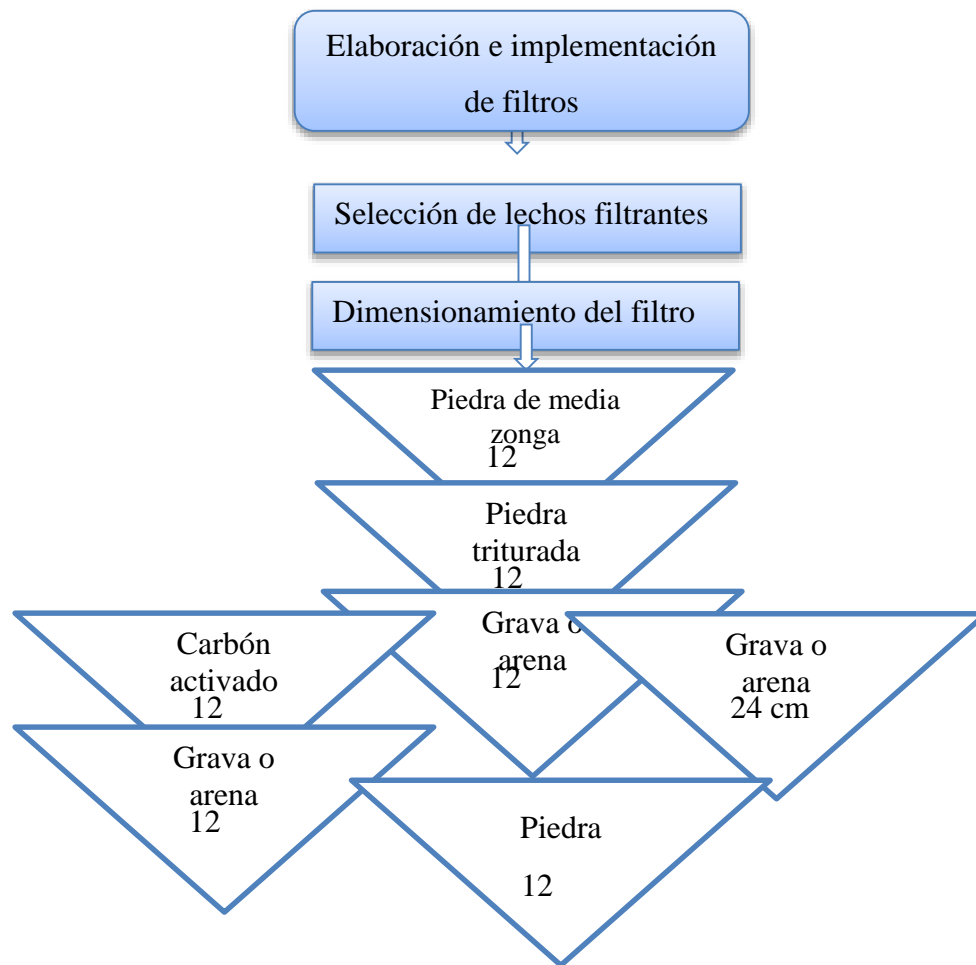
Fuente: Elaboración propia

3.7 Diseño e implementación de los filtros

3.7.1 Diagrama de flujo de la construcción de los filtros

En la figura 8 se muestra el diagrama de flujo para el diseño y la construcción de los filtros.

Figura 8: *Diseño de la construcción de los filtros*



Fuente: Elaboración propia

3.7.1.1 Selección de lechos filtrantes

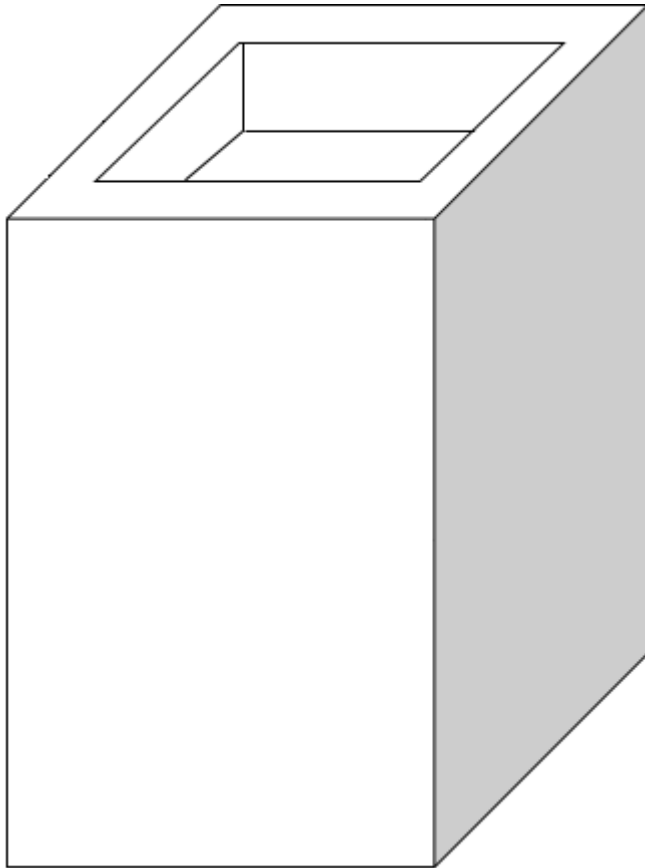
La selección de los lechos se realizará teniendo en cuenta que sean puros y no estén mezclados con materiales ajenos al elegido, se debe verificar que estén limpios sin restos de tierra o agentes microbiológicos.

3.7.1.2 Dimensionamiento de los filtros

Los filtros tendrán forma rectangular, con área de flujo en forma cuadrada y tipo de flujo ascendente. Para calcular las dimensiones, se utilizarán los criterios de diseño como la

tasa de filtración lenta.

Figura 9: *Diagrama del filtro*



Fuente: Elaboración propia

3.7.1.3 Piedra de media Zonga 1

En la parte superior de cada filtro se colocará 12 cm de piedra de media zonga con un rango de tamaño de las piedras de a 5-8 cm según recomendaciones de Gualteros y Chacon (2015). La finalidad de las piedras es retener partículas grandes, hojas u otros elementos ingresen junto con el agua hacia el filtro.

3.7.1.4 Piedra triturada

La piedra triturada tendrá dimensiones de 3/8 "o 0,95 cm, se utilizará 12 cm de espesor de piedra chancada en el filtro para retener las partículas que hayan pasado por la piedra de media zonga.

3.7.1.5 Grava o arena de río

La arena será extraída de la playa del río procurando que tenga dimensiones promedio

de 0,05 mm. Se colocará 12 cm de arena río para que inmovilice y retenga partículas del agua en proceso de filtración.

3.7.1.6 Carbón activado

Se utilizará carbón activado granular, será utilizado con la finalidad que absorba la turbiedad del agua que pase los lechos filtrantes de las capas anteriores. Se colocará 12 cm en un filtro y 0 cm en el otro filtro.

3.7.1.7 Tubería PVC

Los tubos colocados uno sobre otro como lecho filtrante se utilizará por recomendación de Gualteros y Chacon (2015) quienes encontraron los mejores resultados en el filtro de agua con 20 cm de espesor de tubos. En el filtro que tiene 12 cm de carbón activado se utilizará 12 cm de espesor de tubos (1/2") y en el filtro que no lleva carbón activado se utilizará 24 cm de espesor de tubos.

3.7.1.8 Piedra media zonga 2

La piedra media zonga en la última capa tendrá un espesor de 12 cm y será colocada con la finalidad de crear un espacio en el que se acumule el agua filtrada y fluya con facilidad hacia el exterior por medio de tubo de salida de agua filtrada.

3.7.2 Procedimiento de análisis físico químico de agua

- Color

El color del agua de la quebrada Ponasapa antes y después del filtrado se determinará utilizando el método colorimétrico recomendado por Giraldo (1995).

- Olor y sabor

El olor será determinado mediante evaluación directa (organoléptica) por la investigadora y colaboradores del proyecto a los que se procederá a preguntar si detectan algún tipo de olor o sabor en el agua filtrada.

- Turbidez

La turbidez será determinado utilizando en método Nefelométrico, según los procedimientos recomendados por Giraldo (1995).

- Temperatura

La temperatura del agua se determinará utilizando un termómetro manual.

- pH

El pH será determinado utilizando en método Potenciométrico, siguiendo las recomendaciones de Giraldo (1995).

- Concentración de amoníaco

La determinación de la presencia y concentración de amoníaco se realizará utilizando

el Test Kit de amoniaco Hanna, los análisis se realizarán siguiendo las indicaciones del Test mencionado.

- **Oxígeno disuelto en agua**

La cantidad de oxígeno disuelto en agua será determinado utilizando en método Yodométrico o de Winkle, siguiendo los procedimientos recomendados por Giraldo (1995).

3.7.3 Delimitación espacial

La investigación se realizará utilizando el agua de la quebrada Ponasapa ubicada en el anexo Canaán, distrito Chuquibamba, provincia de Chachapoyas Región Amazonas, el agua filtrada será utilizada para la crianza de truchas arco iris en el lugar mencionado.

3.7.4 Delimitación temporal

La ejecución de este proyecto de investigación será realizada a partir del mes de febrero y marzo del 2019.

3.7.5 Interpretación de los resultados.

La interpretación de los resultados obtenidos se realizará comparando la eficiencia de los filtros con y sin carbón activado, se elegirá como el mejor filtro al que sea más eficiente en la remoción de las características fisicoquímicas que hagan que el agua sea apta para la crianza de truchas arco iris.

Capítulo 4

Resultados y discusión

4.1 Calidad de agua de la quebrada Ponasapa

Se determinó la calidad de agua de la quebrada Ponasapa para conocer su composición fisicoquímica. El valor de los parámetros se comparó con los ECA del D.S. 004-2017-MINAM, Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales. En la tabla 6 se muestran los valores de los parámetros de calidad del agua de la quebrada. Se obtuvo un pH neutro, la temperatura por debajo de 21°C, que es ideal para el desarrollo de la trucha, el oxígeno disuelto, ligeramente por debajo del ECA, nitrógeno amoniacal en baja concentración, aunque dentro del rango del estándar. Los demás parámetros tuvieron un valor menor a la Categoría 2 del ECA mencionado.

Tabla 6. *Características del agua de la quebrada Ponasapa*

Parámetro	Unidad	Agua de la quebrada	ECA
pH	Unidad de pH	7	6-9
Temperatura	°C	14	Δ3
Oxígeno disuelto	mg/L	4.5	≥5
Color	UCV	10	100
Turbidez	NTU	20	-
Dióxido de carbono	mg/L	60	-
Sólidos suspendidos totales	mg/L	36	-
Alcalinidad total	mg/L	50	-
Nitrógeno amoniacal	mg/L	<0.50	6.98
Nitritos	mg/L	<0.003	-
Nitratos	mg/L	<0.010	13
Dureza total	mg/L	130	-
Cloruros	mg/L	<1	-

Fuente: Elaboración propia

4.2 Diseño de las unidades del sistema de filtración

A continuación, se presenta el diseño de las unidades las unidades de filtración para el tratamiento de agua que permita brindar las condiciones adecuadas para la crianza de trucha arco iris.

a. Número de unidades de filtración

Se diseñó dos unidades de filtración, una de ellas utilizando el medio filtrante arena y la otra unidad con medio filtrante arena + carbón activado.

b. Caudal de tratamiento

El caudal de ingreso a cada unidad de filtración fue 6.83 m³/día.

c. Tasa de filtración

Para el diseño de cada unidad se seleccionó una tasa de filtración lenta de 27 m³/ m².día.

d. Cálculo del área de filtración

Se diseñó una unidad de tratamiento con medio filtrante arena y otra con medio filtrante arena + carbón activado.

$$A_F = \frac{Q}{T_F}$$

A_F: Área de filtración (m²)

Q: Caudal de diseño $\left(\frac{\text{m}^3}{\text{día}}\right)$

T_F: Tasa de filtración $\left(\frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{día}}\right)$

$$A_F = \frac{6.83 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}{27 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{día}}}$$

$$A_F = 0.25 \text{ m}^2$$

e. Dimensiones de las unidades de filtración

Para determinar las dimensiones del área de filtración, se consideró una relación, largo /ancho de 1/1, es decir en forma cuadrada; siendo "L", el lado del cuadrado.

$$A = L^2$$

$$0.25 \text{ m}^2 = L^2$$

$$L = 0.5 \text{ m}$$

f. Tiempo de retención hidráulico

El tiempo de retención hidráulico para cada filtro se calculó con la siguiente ecuación:

$$TRH = \frac{V}{Q} * 86400$$

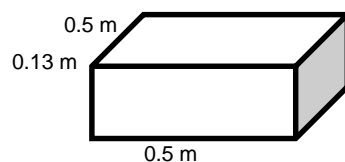
TRH: Tiempo de retención hidráulico(s)

TRH: Volumen del agua filtrada (m^3)

Q: Caudal de diseño ($\frac{\text{m}^3}{\text{día}}$)

En primer lugar, se determinó el volumen del agua filtrada

Figura 10: *Volumen del agua filtrada*



El volumen útil, es igual a 0.00325 m^3 . Luego se reemplaza los datos en la ecuación anterior.

$$TRH = \frac{V}{Q} * 86400$$

$$TRH = \frac{0.00325 \text{ m}^3}{6.83 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}} * 86400$$

$$TRH = 41 \text{ s}$$

Por tanto, el tiempo de retención hidráulico de los filtros será 41 s.

g. Especificaciones del medio filtrante

Las características del lecho filtrante, para el filtro de arena se muestran en las tablas 5. Este filtro presenta las siguientes capas piedra media zonga, piedra triturada, grava, arena fina y piedra. Asimismo, el espesor de cada capa y el tamaño efectivo de cada material, se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. *Características medio filtrante del filtro de arena*

Capa	Espesor (cm)	Tamaño (mm)
Piedra media zonga	12	25
Piedra triturada	12	10
Grava	12	2
Arena fina	24	0.2
Piedra	12	50

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, las características del lecho filtrante, para el filtro de arena + carbón activado se muestran en la tabla 8. Este filtro presenta las siguientes capas piedra media zonga, piedra triturada, grava, carbón activado, arena fina y piedra. Asimismo, el espesor de cada capa y el tamaño efectivo de cada material, se muestran en la tabla 6.

Tabla 8. *Características medio filtrante del filtro de arena + carbón activado*

Capa	Espesor (cm)	Tamaño (mm)
Piedra media zonga	12	25
Piedra triturada	12	10
Grava	12	2
Carbón activado	12	0.4
Arena fina	12	0.2
Piedra	12	50

Fuente: Elaboración propia

4.3 Calidad del agua filtrada y eficiencia de la filtración

4.3.1 Calidad del agua filtrada

En la tabla 9 se muestra la calidad del agua filtrada. Se observa que, en el filtro de Arena,

el pH del agua disminuyó desde un pH neutro en el agua de la quebrada, hasta un nivel medianamente ácido; mientras que en el filtro de Arena + Carbón activado, este parámetro disminuyó hasta un valor ligeramente ácido. La temperatura se mantuvo constante en ambos sistemas de filtración. El aumento del oxígeno disuelto fue ligeramente mayor en el filtro de Arena + Carbón activado que en el filtro de Arena. Asimismo, hubo una mayor reducción de los parámetros color, turbidez, sólidos suspendidos totales y dureza total, con el filtro de Arena + Carbón activado que con el filtro de Arena. Por otro lado, el dióxido de carbono, se redujo en ambos filtros desde 60 mg/L hasta un valor de 2 mg/L. Con respecto a la alcalinidad total, en el filtro de Arena hubo una reducción, mientras que con el Arena + Carbón activado, el valor de este parámetro aumentó. Asimismo, con respecto a los parámetros nitrógeno amoniacal, nitritos, nitratos y cloruros; no se pudo analizar la variación, por encontrarse valores menores al límite de cuantificación del método.

Tabla 9. *Calidad del agua filtrada*

Parámetro	Unidad	Agua de la quebrada	Filtro	
			Arena	Arena + Carbón activado
pH	Unidad	7	5	6.1
Temperatura	°C	14	14	14
Oxígeno disuelto	mg/L	4.5	6.5	6.7
Color	UCV	10	5	2
Turbidez	NTU	20	6	5
Dióxido de carbono	mg/L	60	2	2
SST	mg/L	36	30	28
Alcalinidad total	mg/L	50	40	60
Nitrógeno amoniacal	mg/L	<0.50	<0.50	<0.50
Nitritos	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003
Nitratos	mg/L	<0.010	<0.010	<0.010
Dureza total	mg/L	130	120	100
Cloruros	mg/L	<1	<1	<1

Fuente: Elaboración propia

4.3.2 Eficiencia de remoción de los parámetros

En la tabla 10 se muestra la eficiencia de remoción de los parámetros fisicoquímicos. Se obtuvo mayores eficiencias con el filtro de Arena + Carbón activado para los parámetros color, turbidez, sólidos suspendidos totales y dureza total; mientras que para los

parámetros oxígeno disuelto y alcalinidad total, se obtuvo mayores eficiencias con el filtro de Arena. Asimismo, para el parámetro dióxido de carbono, se obtuvo la misma eficiencia con ambos sistemas de filtración.

Tabla 10. *Eficiencia de remoción de los parámetros fisicoquímicos*

Parámetro	Eficiencia	
	Filtro de arena	Filtro de arena + carbón activado
Oxígeno disuelto	44.4	32.8
Color	50.0	80.0
Turbidez	70.0	75.0
Dióxido de carbono	96.7	96.7
Sólidos suspendidos totales	16.7	22.2
Alcalinidad total	20.0	-20.0
Dureza total	7.7	23.1

Fuente: Elaboración propia

4.4 Discusión

En cuanto a la calidad del agua de la quebrada Ponasapa, se obtuvo un pH neutro, la temperatura por debajo de 21°C, que es ideal para el desarrollo de la trucha, el oxígeno disuelto, ligeramente por debajo del ECA, nitrógeno amoniacal en baja concentración, aunque dentro del rango del estándar. Los demás parámetros tuvieron un valor menor a la Categoría 2 del ECA del D.S. 004-2017-MINAM.

De acuerdo con Montesinos (2018), la temperatura óptima para el crecimiento de la trucha arco iris debe estar entre 10°C a 17°C. Asimismo, el mismo autor señala que la exigencia de oxígeno disuelto para el desarrollo de los peces debe estar entre 4.5 a 9.5 mg/L, ya que valores menores a 4.5 producen estrés o la muerte del pez. Con respecto al pH, la trucha requiere ambientes, ligeramente alcalinos, ya que pH ácidos pueden producir estrés.

Por otro lado, Rojas y Rivera (2015), menciona que la concentración de oxígeno disuelto para el crecimiento de la trucha debe estar entre 6.5 a 9.0 mg/L.

Asimismo, las dimensiones de los filtros fueron: Largo 0.5 m, ancho 0.5 m, y altura 1.0 m; el caudal de tratamiento fue 6.83 m³/día, con un tiempo de retención hidráulico de 41 s. Por otro lado, el lecho filtrante del filtro de arena estuvo constituido por capas de los siguientes materiales: Piedra media zonga, piedra triturada, grava, arena fina y piedra, con espesores de 12 cm para cada material, excepto para la arena fina que fue 24 cm. El

lecho filtrante del filtro de arena + carbón activado estuvo constituido por capas de los siguientes materiales: Piedra media zonga, piedra triturada, grava, carbón activado, arena fina y piedra, con espesores de 12 cm para cada material filtrante.

De acuerdo con Arescurenaga (2016), la finalidad de filtrar el agua para la crianza de especies piscícolas es mantener el nitrógeno amoniacal en el rango óptimo para el desarrollo de los peces. Por esta razón este autor recomienda utilizar filtros con lechos filtrantes con características ideales. La remoción del amonio, se produce cuando las bacterias metabolizan esta sustancia, convirtiéndola a nitratos.

Asimismo, Lozada (2019), indica que, en los filtros con medios como arena y grava, se produce la retención de partículas sólidas mayores a 10 micras.

Con respecto a la calidad del agua filtrada, en el filtro de Arena, el pH del agua disminuyó desde un pH neutro en el agua de la quebrada, hasta un nivel medianamente ácido; mientras que en el filtro de Arena + Carbón activado, este parámetro disminuyó hasta un valor ligeramente ácido. La temperatura se mantuvo constante en ambos sistemas de filtración. El aumento del oxígeno disuelto fue ligeramente mayor en el filtro de Arena + Carbón activado que en el filtro de Arena. Asimismo, hubo una mayor reducción de los parámetros color, turbidez, sólidos suspendidos totales y dureza total, con el filtro de Arena + Carbón activado que con el filtro de Arena. Por otro lado, el dióxido de carbono, se redujo en ambos filtros desde 60 mg/L hasta un valor de 2 mg/L. Con respecto a la alcalinidad total, en el filtro de Arena hubo una reducción, mientras que con el Arena + Carbón activado, el valor de este parámetro aumentó. Asimismo, con respecto a los parámetros nitrógeno amoniacal, nitritos, nitratos y cloruros; no se pudo analizar la variación, por encontrarse valores menores al límite de cuantificación del método.

Por otro lado, se obtuvo mayores eficiencias de remoción de los parámetros con el filtro de Arena + Carbón activado para los parámetros color, turbidez, sólidos suspendidos totales y dureza total; mientras que para los parámetros oxígeno disuelto y alcalinidad total, se obtuvo mayores eficiencias con el filtro de Arena. Asimismo, para el parámetro dióxido de carbono, se obtuvo la misma eficiencia con ambos sistemas de filtración.

Siendo la dureza del agua un parámetro importante a tener en cuenta para el agua que se utilizará en la crianza de trucha. En el presente estudio, se encontró una eficiencia de remoción de la dureza del agua del 23.1%. Carrillo & Sánchez (2013), encontraron una eficiencia del 80% de la dureza del agua, utilizando como medio filtrante al carbón activado.

Capítulo 5

Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Se determinó la calidad del agua de la quebrada Ponasapa, en la cual se obtuvo pH neutro, la temperatura por debajo de 21°C, que es ideal para el desarrollo de la trucha, el oxígeno disuelto, ligeramente por debajo del ECA, nitrógeno amoniacal en baja concentración, aunque dentro del rango del estándar. Los demás parámetros tuvieron un valor menor a la Categoría 2 del ECA del D.S. 004-2017-MINAM.
- Se diseñó los filtros con las siguientes dimensiones: Largo 0.5 m, ancho 0.5 m, y altura 1.0 m; el caudal de tratamiento fue 6.83 m³/día, con un tiempo de retención hidráulico de 41 s. Por otro lado, el lecho filtrante del filtro de arena estuvo constituido por capas de los siguientes materiales: Piedra media zonga, piedra triturada, grava, arena fina y piedra, con espesores de 12 cm para cada material, excepto para la arena fina que fue 24 cm. Mientras que, el lecho filtrante del filtro de arena + carbón activado estuvo constituido por capas de los siguientes materiales: Piedra media zonga, piedra triturada, grava, carbón activado, arena fina y piedra, con espesores de 12 cm para cada material filtrante.
- Asimismo, se obtuvo mayores eficiencias de remoción de los parámetros con el filtro de Arena + Carbón activado para los parámetros color, turbidez, sólidos suspendidos totales y dureza total; mientras que para los parámetros oxígeno disuelto y alcalinidad total, se obtuvo mayores eficiencias con el filtro de Arena. Asimismo, para el parámetro dióxido de carbono, se obtuvo la misma eficiencia con ambos sistemas de filtración.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda utilizar el filtro de arena + carbón activado, en el tratamiento de agua superficial para la crianza de truchas, ya que presenta elevadas eficiencias de remoción de parámetros.
- Asimismo, se recomienda realizar ensayos de filtración, con otros lechos filtrantes, buscando obtener mayores eficiencias de filtración para el agua destinada al cultivo de truchas.

Referencias

- Amacifen, M. H. & Guevara, R. V. (2015). *Incidencia de la crianza de "Tilapia" Oreochromis niloticus en la calidad del Agua y su impacto ambiental, en el Distrito de Moyobamba* – 2015.
<http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2551/AMBIENTAL%20-%20Max%20henry%20Amacifen%20y%20Rosa%20V.%20Guevara.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arescurenaga, A. F. (2016). *Diseño de los componentes hidráulicos de un sistema de recirculación acuícola y el diseño estructural de los tanques de cultivo*.
https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/621695/ARESCURENAGA_OA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Arboleda, J. (2000). *Teoría práctica de la purificación del agua*. McGraw- Hill.
<https://www.casadellibro.com/libro-teoria-y-practica-de-la-purificacion-del-agua-3-ed/9789584100153/710861>
- Avila, I., & Moreno, M. (2016). *Diseño, propuesta e implementación de un filtro para tratamiento de aguas de uso doméstico en tanques de reserva en la población del casco urbano de la inspección de San Antonio de Anapoima*. Universidad Libre.
<https://repository.unilivre.edu.co/bitstream/handle/10901/10401/ANTEPROYECTO%20SEMINARIO%20FILTRO%20ARENA%20ULTIMA%20%20ENTREGA%20JUNIO%202011.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bacaoui, A., & Dahbi, A. (2002). Experimental desing to potimize preparation of activated carbons for use in water treatment. *Environ Sci JTechnol*, 36, 3844–3849.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12322759/>
- Canepa, L. P. (1992). *Teoría y Evaluación. Diseño, Operación*.
http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/3568/TESIS_CHARACTERIZACION%20DE%20LA%20CALIDAD%20Y%20EVALUACION%20DEL%20TRATAMIENTO%20DADO%20AL%20AGUA%20PARA%20CONSUMO%20DOMEST.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- CARE Perú. (2006). *Alcances para la producción de trucha en jaulas artesanales* (primera ed). https://www.fondepes.gob.pe/src/manuales/MANUAL_TRUCHA.pdf
- Chowdhury, Z. et al. (2013). *Activated carbon solutions for improving water quality - AWWA*. (Primera ed).
<https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=4EPBkkOJI0cC&oi=fnd&pg=PR3&dq=Activated+carbon+solutions+for+improving+water+quality+->

+AWWA.+(Primera+ed)&ots=yjP8ixoPaU&sig=0LTYFIQNu2-TI_wlCui5Nzm7AkA#v=onepage&q&f=false

- Municipalidad distrital de Chuquibamba. (2015). *Proyecto: "creacion de pistas y veredas, losa deportiva y centro comunal comercial en la localidad de chuquibamba, distrito de chuquibamba—chachapoyas—amazonas"*.
<https://ofi5.mef.gob.pe/invierte/general/downloadArchivo?idArchivo=14cafaa4-23ec-45db-aeef-7d38a7eeaa5a.pdf>
- Córdova, M. (2012). *Estudio para el tratamiento, manejo y disposición final de lodos generados en plantas de tratamiento de agua potable*. Escuela Politécnica Nacional.
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4757>
- Elizalde, M. (2015). *Diseño de una planta de tratamiento de agua potable en el sitio la Florida con presencia de turbiedad y coliformes*. Universidad Técnica de Machala.
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/4974>
- Francischetti, J. (2010). *Influência Das Características Físico- Químicas De Carvões Ativados Na Adsorção De Saxitoxinas* Jaqueline Francischetti Zago. Universidade de Brasilia. <https://repositorio.unb.br/handle/10482/9997>
- Garzon, M. A. (2001). *Elaboracion de un prototipo de filtro casero para abastecer aguasegura a poblaciones en situacion de inundacion a partir del estudio comparativo de filtros existentes*.
https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1028/
- Giraldo, G. (1995). *Manual de análisis de aguas*. Universidad Nacional de Colombia.
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/55218>
- Gomez, Y. darwin. (2017). *Crecimiento de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss) en jaulas flotantes en la etapa de engorde alimentadas Ad Libitum y convencionalmente, en Chucasuyo-Juli*. 57.
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7155/Gomez_Mulluni_Yohe_Darwin.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Gualteros, L., & Chacon, M. (2015). *Estudio de la eficiencia de lechos filtrantes para la potabilización de agua proveniente de la quebrada la despensa en el Municipio Guadas Cundinamarca Vereda la Yerbabuena*. Universidad de la Salle.
https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1550&context=ing_ambiental_sanitaria
- Huamán, C. (2012). Mejora de la Cadena Productiva de la Trucha Arco Iris (Oncorhynchus mykiss) en la Región Apurímac. In *Gobierno Regional Apurímac*.

- http://ofi5.mef.gob.pe/appFs/Download.aspx?f=2792_OPIGRAP_20121220_161616.pdf
- Huisman, L. W. (1974). *Slow Sand Filtration*. <https://www.cdc.gov/safewater/sand-filtration.html>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). *Censos Nacionales*. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/tomo1.pdf
- Montesinos, J. (2018). *Diagnóstico situacional de la crianza de truchas arco iris (Oncorhynchus mykiss) en centros de cultivo del lago Titicaca*. http://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/upch/3862/Diagnostico_MontesinosLopez_Jeansen.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Lipa, R. E. (2014). *Determinación de los signos corporales externos, internos e histología pancreática en alevinos de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss)*. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/1936>
- Luna, J. Fernández, J. C. (2017). Estudio de geotextiles para el tratamiento de efluentes del cultivo de Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). *Orinoquia*, 21(2), 22–29. <https://doi.org/10.22579/20112629.414>
- Mamani, M. (2016). *Análisis bromatológico de la canal de trucha arco iris (oncorhynchus mykiss) producidas con alimento fresco y balanceado en jaulas flotantes, chucuito-2014*. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3560>
- McCreary, J. J., & Snoeyink, V. L. (1977). Granular Activated Carbon in Water Treatment. *American Water Works Association Journal*, 69(8), 437–444. <https://filtermedium.en.made-in-china.com/>
- Organización Mundial de la Salud. (2008). *Especificaciones técnicas para construcción de sistemas de filtración de múltiples etapas*. https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS%202005a.%20Esp.%20tecn.%20para%20construcci%C3%B3n%20sist.%20filtraciones%20multiples.pdf
- Organismo Público Descentralizado Sierra Exportadora. (2011). *Cartilla de difusión de buenas prácticas en acuicultura de trucha en jaulas flotantes. Ministerio De La Producción*. http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/1/jer/PROPESCA_OTRO/difusion-publicaciones/cartilla-dedifusion-de-buenas-practicas-de-acuicultura-de-trucha-en-jaulas-flotantes.pdf

- Paredes, D. (2003). *Proyecto para la producción, comercialización y exportación de truchas, en la finca la esperanza, ubicada en la parroquia de Santiago de la Provincia de Bolívar*. Universidad Tecnológica Equinoccial. <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/7505>
- Pico, D., Alba, J., & Vega, H. (2012). Operación filtro grueso descendente del FiME mediante la implementación del retrolavado. *Revista Innovando En La U*. <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/innovando/article/download/3924/3299/>
- Ragash, M.D. (2009). *Manual para crianza de trucha (Oncorhynchus mykiss)* (pp. 1–25). <http://www.gbcbiotech.com -> Manual%20de%20crianza%20truchas.pdf>
- Rivas, M., & García, W. (2017). *Evaluación de la filtración lenta de arena para la potabilización del agua en el corregimiento de San José de Playón*. Rivas. <https://docplayer.es/51045857-Evaluacion-de-la-filtracion-lenta-de-arena-para-la-potabilizacion-del-agua-en-el-corregimiento-de-san-jose-de-playon.html>
- Romero, J. (2011). “*Texto: Diseño de criaderos y cultivo de truchas y tilapias.*” Universidad Nacional del callao. <https://es.scribd.com/document/122261482/DISENO-DE-CRIADEROS-Y-CULTIVO-DE-TRUCHAS-Y-TILAPIAS>
- Rossi, G. (2017). *Diseño de un purificador de agua para uso en la pequeña industria alimentaria de zonas rurales*. Universidad Nacional de San Agustín. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5965/SErosagm.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rueda, L., & Romero, D. (2017). *Desarrollo de modelo didáctico de columnas filtrantes a partir de los requerimientos técnicos de los laboratorios del área de geotecnia e hidráulica*. Universidad Católica, Bogotá- Colombia. <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14464/3/Art%C3%ADculo%20de%20la%20tesis.pdf>
- Silupú, C., Solís, R., Cruz, G., Gómez, M., Solís, J., & Keiski, R. (2017). Caracterización de filtros comerciales para agua a base de carbón activado para el tratamiento de agua del río Tumbes - Perú. *Revista Colombiana de Química*, 46(3), 37–45. https://www.researchgate.net/publication/319948714_Caracterizacion_de_filtros_comerciales_para_agua_a_base_de_carbon_activado_para_el_tratamiento_de_agua_del_rio_Tumbes_-_Peru
- Soriano, F. (2014). *Eficiencia del filtro de arcilla en la purificación del agua para consumo humano en Cajamarca*. Universidad Privada del Norte.

<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/6813/SORIANO%20ORTIZ%20%20FANNY%20HAYDE%C3%89.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Torres, C., & Villanueva, S. (2014). *El filtro de arena lento: Manual para el armado, instalación y monitoreo*. (Primera ed). <http://www.unipiloto.edu.co/wp-content/uploads/2013/11/El-filtro-de-arena-Lento-a-color-para-la-web.pdf>
- Torres, J. (2011). *Diseño de una planta portátil potabilizadora de agua de 50 metros cúbicos por día*. Universidad Politécnica del Litoral. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/16883>
- Valles, D., Mori, J., & Ojeda, S. (2013). *Diseño, construcción e instalación de un sistema de filtros para pozos artesianos y su uso en el distrito Villa Trompeteros-Río Corrientes - Loreto*. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. <http://repositorio.unapikitos.edu.pe/handle/UNAP/4242>
- Vásquez, M. Talavera, M. & Inga. (2016). Evaluación del impacto en la calidad de agua debido a la producción semi intensiva de trucha (*oncorhynchus mykiss*) en jaulas flotantes. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 82(1), 15–28. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v82i1.41>
- D.S. N° 004-2017-MINAM. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.(2017) <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-004-2017-minam/>
- LEY N° 28611-MINAM. Ley General del Ambiente. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/06/ley-general-del-ambiente.pdf>
- LEY N° 29338-ANA- Ley de Recursos Hídricos. <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/228>
- Congreso Constituyente Democrático. (1993). Constitución Política del Perú – 1993. <http://www.pcm.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/Constitucion-Pol%C3%ADtica-del-Peru-1993.pdf>

Anexos

Anexo 1. Informe del laboratorio sobre la calidad del agua antes y después del tratamiento

Anexo 1.1 Parámetros del agua evaluados en campo



**Environmental Quality
Analytical Services S.A.**
Tecnología al Servicio de la Producción y el Medio Ambiente

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL - O.A. CON
REGISTRO N° LE - 030



INFORME DE ENSAYO N° A0066/20

Solicitante : ELENA NOEMÍ AÑAZCO CRUZ
Dirección : Anexo Canaan, distrito Chuquibamba, Chachapoyas – Amazonas

Procedencia : Estudio de Investigación “Diseño de Lechos Filtrantes de Agua, para la Crianza de Truchas”

Matriz de la Muestra : Agua Superficial

Fecha de Muestreo : 16 – Enero - 2 020
Responsable del Muestreo : Elena Noemi Añazco Cruz – Solicitante

Fecha y Hora de Recepción : No aplica
Ejecución de Ensayos : Medición en Campo

Código Interno: L0066/20

PARÁMETROS	0066 – 1 ^(*) PRE - TRATAMIENTO	0066 – 2 ^(*) TRATAMIENTO 01	0066 – 3 ^(*) TRATAMIENTO 02	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
pH	7,00	5,00	6,05	Unidad de pH	APHA 4500-H ⁺ B
Temperatura	14,0	14,0	14,0	C°	APHA 2550 B
Oxígeno Disuelto	4,5	15,5	6,7	mg O ₂ /L	APHA 4500-O C

(*) Código de Laboratorio

(*) Código del Solicitante y hora de muestreo

(*) Ubicación en coordenadas UTM

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS. -

- STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA. -

No Aplica

Lima, 23 de Enero de 2 020.

EQUAS S.A.
Ing. Eusebio Víctor Córdor Evaristo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Director Gerente – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra derivante para los ensayos de metales, la solicitud de devolución ante la comisión debe realizarse diez días antes de su vencimiento.

Código: F79-PLAB.02
Revisión: 01
Fecha: 10-04-2 018

Dirección de Laboratorio: Mz. 1 Lote 74, Urb. Naranjo – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte
Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe

Página 2 de 2

Anexo 1.2 Parámetros fisicoquímicos del agua



**Environmental Quality
Analytical Services S.A.**
Tecnología al Servicio de la Protección y Mejoramiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACION INACAL - DA CON
REGISTRO N° LE-030



INFORME DE ENSAYO N° A0066/20

Solicitante : ELENA NOEMÍ AÑAZCO CRUZ
Dirección : Anexo Canaan, distrito Chuquibamba, Chachapoyas – Amazonas

Procedencia : Estudio de Investigación “Diseño de Lechos Filtrantes de Agua, para la Crianza de Truchas”

Matriz de la Muestra : Agua Superficial

Fecha de Muestreo : 16 – Enero - 2 020
Responsable del Muestreo : Elena Noemi Añazco Cruz – Solicitante
Fecha y Hora de Recepción : 17 – Enero - 2 020 / 09:40 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 17 al 23 –Enero - 2020

Código Interno: L0066/20

PARÁMETROS	0066 – 1 ^(*) PRE - TRATAMIENTO	0066 – 2 ^(*) TRATAMIENTO 01	0066 – 3 ^(*) TRATAMIENTO 02	Expresado en:	MÉTOD OS DE ENSAY O
Color Verdadero	10	5	2	Unidad de Color	APHA 2120 C
Turbidez	20	6	5	NTU	APHA 2130 B
Dióxido de carbono	60	02	2	mg/L	APHA 2320 B (*)
Sólidos Suspendidos Totales	36	30	28	mg/L	APHA 2540 D
Alcalinidad Total	50	40	60	mg CaCO ₃ /L	APHA 2320 B (*)
Nitrógeno amoniacal	<0,50	<0,50	<0,50	mg NH ₃ -N/L	APHA 4500 NH ₃ B, C
Nitritos	<0,003	<0,003	<0,003	mg N-NO ₂ -L	EPA 354.1
Nitratos	< 0,010	< 0,010	< 0,010	mg N-NO ₃ -L	APHA 4500 NO ₃ B
Dureza Total	130	120	100	mg CaCO ₃ /L	APHA 2340 C (*)
Cloruros	<1	<1	<1	mg Cl-L	APHA 4500 Cl-C (*)

(*) Código de Laboratorio

(*) Código del Solicitante y hora de muestreo

(*) Ubicación en Coordenadas UTM

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

☐ STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23rd Ed. APHA, AMWA WEF, 2017.

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

☐ Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 23 de Enero de 2 020

EQUAS S.A.

Ing. Eusebio Víctor Córdor Evaristo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Director General – E(Q)AS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras enviadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

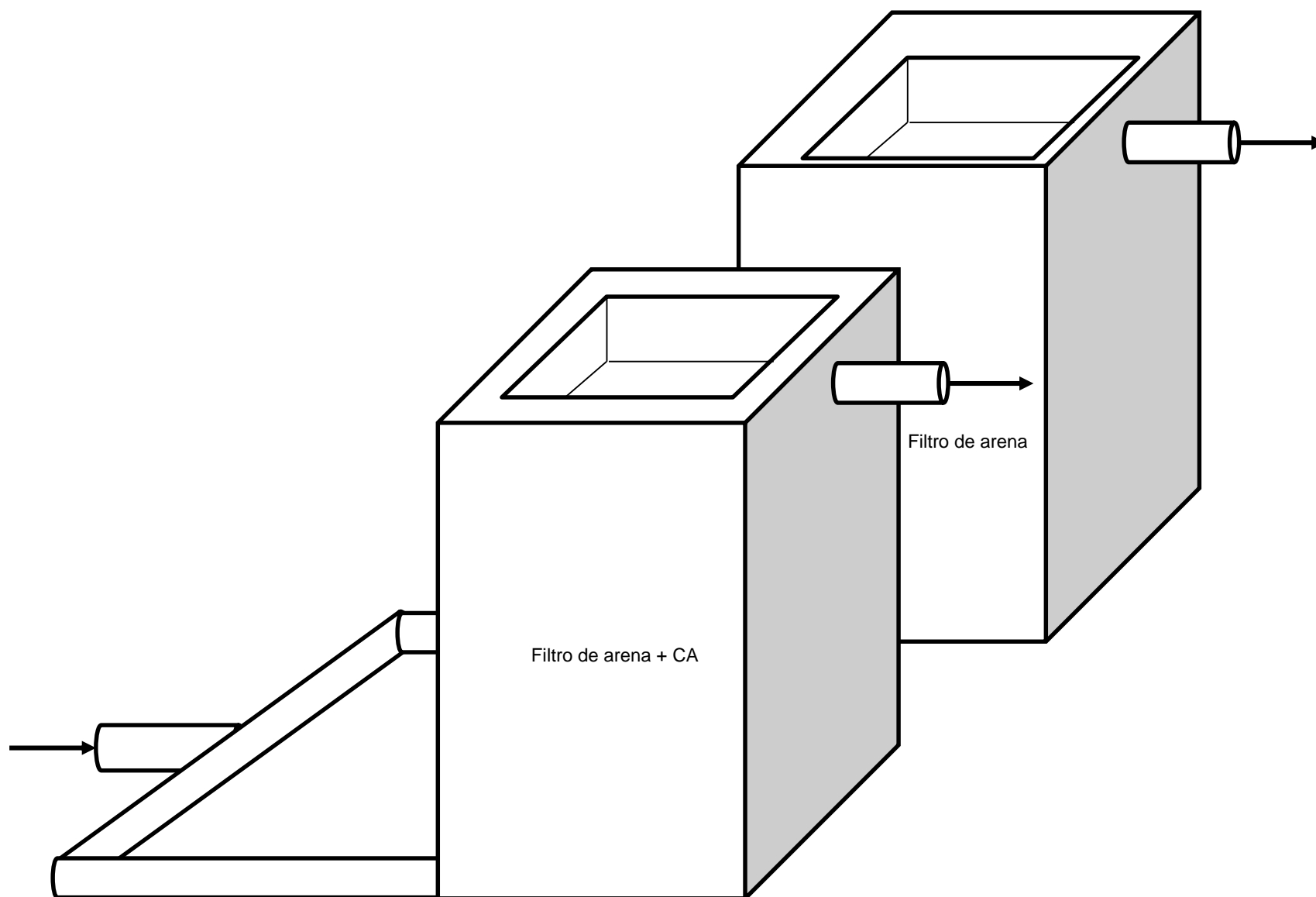
El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimiendo para los ensayos de metales, la solicitud de devolución ante la comisión debe realizarse diez días antes de su vencimiento.

Código: F79-PLAB-02
Revisión: 01
Fecha: 30-04-2 018

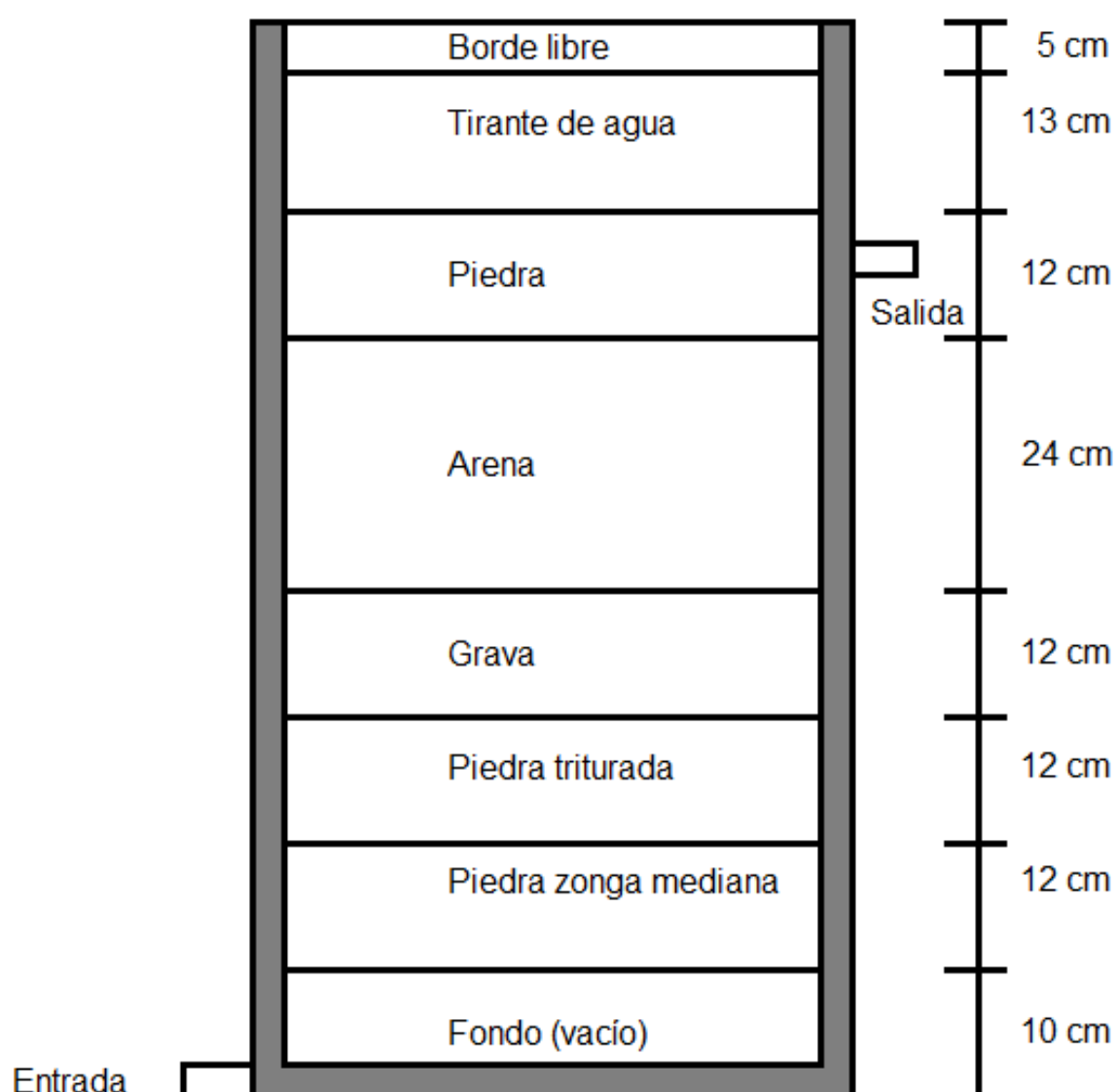
Dirección de Laboratorio: Mz. 1 Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte
Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e-mail: info@equas.com.pe

Página 1 de 2

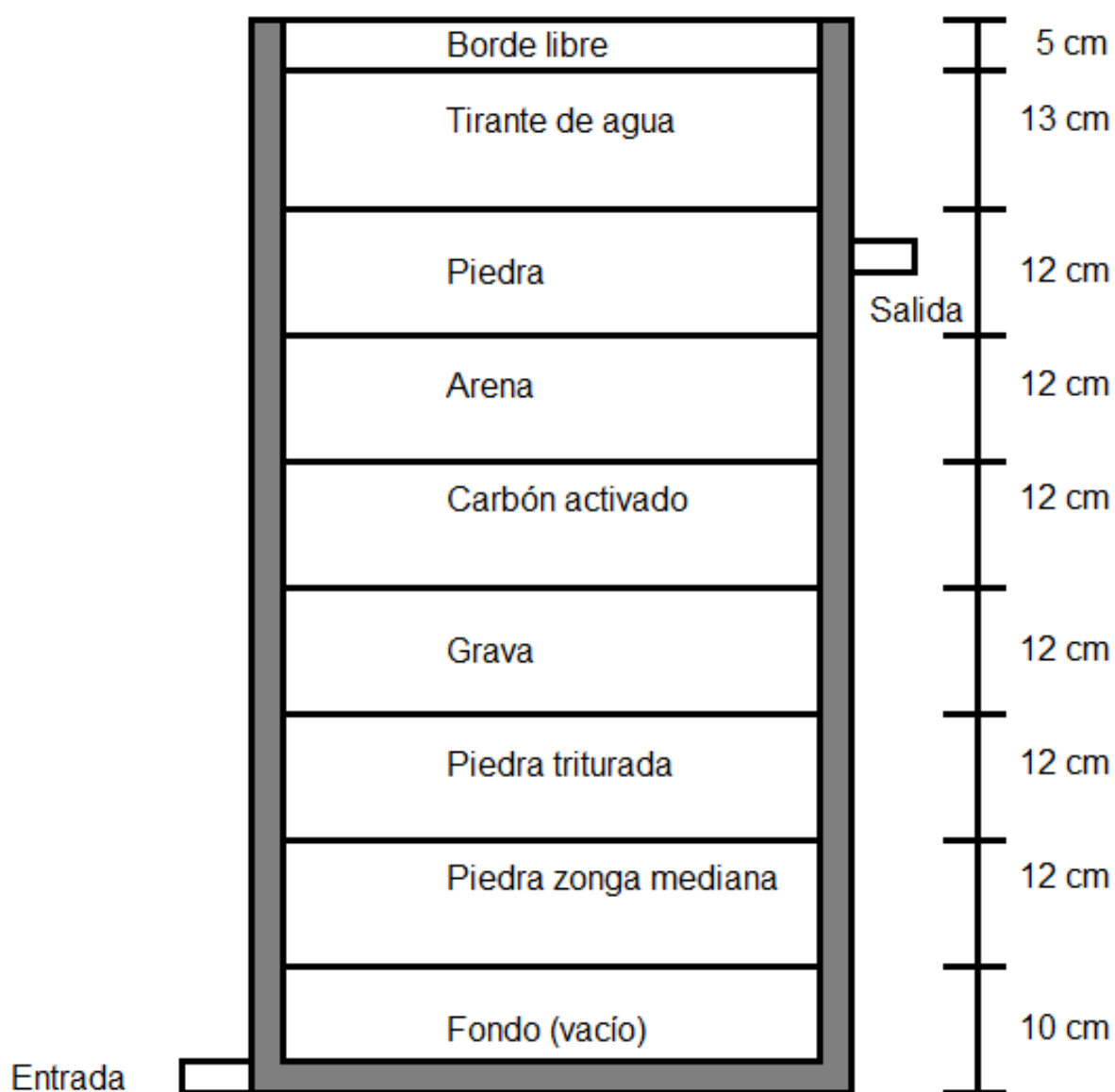
Anexo 2. Distribución de caudales para los sistemas de filtración



Anexo 3. Dimensionamiento del filtro de arena



Anexo 4. Dimensionamiento del filtro de arena + carbón activado



Anexo 5. Panel fotográfico del estudio



Anexo 5.1 Etapa de instalación de estructuras para la construcción de los filtros



Anexo 5.2 Etapa de encofrado para la construcción de los filtros